Buku Teks Bahan Ajar Siswa

Paket Keahlian:
Teknik Rehabilitasi dan Reklamasi

Silvika

KELAS
X
SEMESTER 2

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterapilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR 1
DAFTAR ISI 2
DAFTAR GAMBAR 4
DAFTAR TABEL 5
PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR 6
GLOSARIUM 7
I. PENDAHULUAN 9
A. Deskripsi 9
B. Prasyarat 9
C. Petunjuk Penggunaan 10
D. Tujuan Akhir 11
E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar 12
F. Cek Kemampuan Awal 14
II. PEMBELAJARAN 15
Kegiatan Pembelajaran 1. Iklim Hutan (KD) 15
A. Deskripsi 15
B. Kegiatan Belajar 15
1. Tujuan Pembelajaran 15
2. Uraian Materi 16
3. Tugas 122
4. Refleksi Iklim dan Cuaca 128
5. Test Formatif 130

C. Penilaian 131
1. Penilaian Sikap 131
2. Penilaian Pengetahuan 132
3. Penilian Keterampilan 132
Kegiatan Pembelajaran 2 Tanah Hutan (KD) 133
A. Deskripsi 133
B. Kegiatan Belajar 133
1. Tujuan Pembelajaran 133
2. Uraian Materi 134
3. Tugas 225
4. Refleksi Tanah Hutan 229
5. Test Formatif. 231
C. Penilaian 232
1. Penilaian Sikap 232
2. Penilaian Pengetahuan 233
3. Penilian Keterampilan 234
III. PENUTUP 235
DAFTAR PUSTAKA 236

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur lapisan-lapisan atmosfer 21
Gambar 2. Mekanisme Pembentukan Cuaca dan Iklim 28
Gambar 3. Hutan Tropis 29
Gambar 4. Profil Tanah 30
Gambar 5. Tanaman pertanian tumbuh subur 30
Gambar 6. Sangkar Cuaca 37
Gambar 7. Pengukur Panjang Hari Campbell Stock 37
Gambar 8. Solarimeter 37
Gambar 9. Ombrograph 38
Gambar 10. Ombrometer 38
Gambar 11. Anemometer 38
Gambar 12. Panci Evaporasi tipe A 39
Gambar 13. Termometer tanah 39
Gambar 14. Termometer bola basah dan termometer bola kering 39
Gambar 15. Silicon cell Solarimeter 47
Gambar 16. Spektrometer 48
Gambar 17. Termometer Maksimum dan Minimum 59
Gambar 18.Thermohygrograph 71
Gambar 19. Alat Pengukur Evapotranspirasi dan Menghitung Neraca Air 94
Gambar 20. Profil tanah 144
Gambar 21. Profil/Irisan tegak tanah. 154
Gambar 22. Profil Tanah 156
Gambar 23. Segitiga Tekstur Tanah 168
Gambar 24. Struktur Tanah 170
Gambar 25. Agregat Tanah 171
Gambar 26. Mikhoriza 187

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Atmosfer Bumi s/d Ketinggian 100 km (udara kering dan uap air) 18
Tabel 2. Spektrum PAR dan warna 46
Tabel 3. Daftar RH untuk psikrometer sangkar. 71
Tabel 4. Derajat hujan berdasarkan intensitasnya dan aplikasinya di lapangan 78
Tabel 5. Tekanan dan Suhu Udara pada Pelbagai Ketinggian 85
Tabel 6. Penetapan Tipe Iklim Pertanian menurut Oldeman (Berdasarkan jumlah BB dan BK Berturut-turut) 102
Tabel 7. Implikasi Tiap Tipe Iklim Pertanian 102
Tabel 8. Klasifikasi Partikel Tanah Men urut USDA dan ISSS*) 159
Tabel 9. Klasifikasi Tanah menurut Dudal-Soepraptohardjo dan PPT 162
Tabel 10. Ordo Tanah menurut sistem Soil Taxonomy beserta sifat pencirinya masing masing 163
Tabel 11. Penamaan Tanah menurut sistem FAO, PPT Bogor dan USDA 164
Tabel 12. Komposisi kimia batuan beku dan tanah-tanah yang melapuk intensif 175
Tabel 13. KTK koloid tanah 179

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Program Keahlian Kehutanan

Dasar Program Keahlian

Silvika

Buku Silvika 1

Buku Silvika 2

Silvikultur

Ilmu Ukur Kayu

Pengukuran dan Pemetaan Hutan

Dendrologi

Penyuluhan Kehutanan

Simulasi Digital

GLOSARIUM

Atmosfer merupakan selimut tebal dari berbagai macam gas (termasuk aerosol) yang menyelimuti seluruh permukaan bumi.

Aerosol merupakan partikel-partikel kecil di atmosfer yang terdiri dari debu, kristal garam, abu, asap dan partikel lainnya.

Rotasi bumi adalah pergerakan bumi mengelilingi matahari, sehingga terjadi siang dan malam.

Revolusi bumi adalah pergeseran letak matahari di belahan bumi dari utara ke selatan dan sebaliknya.

Iklim adalah gambaran penyebaran cuaca dari waktu ke waktu.

Cuaca merupakan peristiwa fisik yang berlangsung di atmosfer pada suatu saat dan tempat/ruang tertentu, yang dinyatakan dalam berbagai variabel dan disebut unsur cuaca.

Lama penyinaran matahari adalah lamanya matahari bersinar cerah sampai permukaan bumi dalam periode satu hari, diukur dalam jam.

Intensitas radiasi matahari adalah jumlah energi matahari yang diterima bumi dan cahaya matahari, pada luas tertentu serta jangka waktu tertentu.

Temperatur adalah derajat panas/dingin suatu benda yang diukur dengan termometer.

Hujan adalah banyaknya air hujan yang jatuh pada suatu areal tertentu yang dinyatakan dengan satuan mm/inchi.

Intensitas hujan adalah banyaknya air hujan yang jatuh per satuan waktu yang dinyatakan dengan satuan mm/jam.

Termometer tanah adalah termometer air raksa yang ujungnya dibengkokkan dan dimasukkan ke dalam tanah pada posisi yang sesuai dengan kedalaman tanah yang akan diukur.

Kecepatan angin adalah gerakan relatif udara terhadap permukaan bumi pada arah horizontal yang dinyatakan dalam satuan meter per detik, kilometer/jam dan mil/jam

Angin adalah massa udara yang bergerak secara horizontal.

Arah angin adalah arah dari mana tiupan angin berasal.

Arus udara proses pemindahan panas bersama dengan udara yang bergerak ke atas atau ke bawah.

Kelembaban udara adalah perbandingan yang menyatakan kadar uap air dan udara yang dipengaruhi suhunya.

Kelembaban relatif atau nisbi adalah perbandingan antara uap air yang betul-betul ada di udara dengan jumlah uap air dalam udara tersebut jika pada suhu dan tekanan yang sama udara tersebut penuh dengan uap air.

Presipitasi adalah seluruh air yang jatuh kepermukaan bumi. Presepitasi dalam bentuk hujan, salju, embun atau kabut.

Hujan adalah salah satu bentuk presipitasi cair dan merupakan presipitasi terpenting di daerah tropis seperti di Indonesia.

Hujan konvektif adalah hujan yang dihasilkan dari udara lembab yang naik sehingga mengalamai proses pendingian adiabatik.

Hujan orografis adalah hujan yang dihasilkan oleh udara lembab yang naik didorong angin oleh adanya dataran tinggi atau pegunungan.

Siklon adalah daerah yang mempunyai tekanan udara rendah daripada daerah sekitarnya.

Anti siklon adalah daerah yang mempunyai tekanan udara tinggi daripada daerah sekitarnya.

Evaporasi adalah laju penguapan.

Penguapan adalah proses perubahan fase dari cair atau es menjadi uap (uap air).

ITCZ (Intertropical Convergence Zon) adalah daerah konvergensi dalam daerah tropika, yangdisebut juga daerah termal ekuator.

Tanah dapat diartikan sebagai bahan atau massa yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik yang mendukung pertumbuhan tanaman di permukaan bumi.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Penguasaan kompetensi silvika secara baik oleh peserta didik sangat diperlukan untuk menjadi landasan dalam pengelolaan hutan secara lestari. Kompetensi silvika mempelajari sejarah hidup dan karakter jenis pohon hutan dan tegakan dan kaitannya dengan lingkungannya yang merupakan hubungan saling mempengaruhi. Pertumbuhan setiap jenis pohon memerlukan faktor-faktor lingkungan tertentu seperti iklim (curah hujan, suhu, kelembaban, angin, sinar surya dan lainnya) dan tempat tumbuh/ tanah (air, unsur hara, pH, struktur tanah dan kondisi lainnya) yang sesuai. Sebaliknya setiap jenis pohon yang tumbuh dapat mempengaruhi lingkungan seperti pengendalian erosi tanah dan air, mempengaruhi iklim mikro, sebagai habitat satwa, sumber mata air, tempat rekreasi dan lainnya.

Buku teks silvika ini memuat informasi pengetahuan dan kerampilan tentang proses hidup tumbuhan, khususnya pohon, persyaratan tumbuh pohon khususnya iklim dan tanah dan adaptasi tumbuhan pada lingkungan tertentu, serta hubungan antara ketiga unsur tumbuhan tanah dan iklim.

B. Prasyarat

Untuk memulai menggunakan modul ini tidak diperlukan pengetahuan tertentu atau prasyarat tertentu, karena merupakan modul dasar Program Keahlian yang harus diikuti oleh seluruh peserta didik Sekolah Menengah Kejuruan Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi, Program Keahlian Kehutanan.

C. Petunjuk Penggunaan

Agar para peserta didik dapat berhasil dengan baik dalam menguasai buku teks ini, maka para peserta didik diharapkan mengikuti petunjuk umum sebagai berikut :

1. Bacalah petunjuk penggunaan buku ajar ini dengan cermat.
2. Baca bagian buku teks yang memuat diskripsi, tujuan pembelajaran, tugas, uraian materi, test formatif dan refleksi secara berurutan.
   a. Diskripsi yang memuat uraian singkat materi pelajaran.
   b. Tujuan pembelajaran memuat kompetensi yang harus dimiliki oleh peserta didik.
   c. Uraian Materi berupa sumber bahan bacaan yang membantu peserta didik memahami materi pelajara.
   d. Tugas memuat tugas-tugas yang dikerjakan oleh peserta didik dalam mempelajari kompetensi.
   e. Refleksi peserta didik memuat tanggapan pengelaman pesronal setelah melakukan kegiatan pembelajaran.
   f. Test Formatif merupakan test pengetahuai untuk membantu peserta didik memilai diri sendiri.
3. Bacalah semua bagian dari buku ajar ini dari awal sampai akhir. Jangan melewatkan salah satu bagian apapun.
4. Baca ulang dan pahami sungguh-sungguh prinsip-prinsip yang terkandung dalam buku ajar ini.
5. Buat ringkasan dari keseluruhan materi buku ajar ini.
6. Gunakan bahan pendukung lain serta buku-buku yang direferensikan dalam daftar pustaka agar dapat lebih memahami konsep setiap kegiatan belajar dalam buku ajar ini.
7. Lakukan diskusi kelompok baik dengan sesama teman sekelompok atau teman sekelas atau dengan pihak- pihak yang menurut para peserta didik dapat membantu dalam memahami isi buku ajar ini.

8. Setelah para peserta didik merasa menguasai keseluruhan materi buku ajar ini, kerjakan soal-soal yang ada dalam lembar evaluasi.
9. Akhirnya penulis berharap semoga para peserta didik tidak mengalami kesulitan dan hambatan yang berarti dalam mempelajari buku ajar ini, dan dapat berhasil dengan baik sesuai tujuan akhir yang telah ditetapkan.

D. Tujuan Akhir

1. Menambah keimanan peserta didik dengan menyadari hubungan keteraturan, keindahan alam, dan kompleksitas alam dalam jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya;
2. Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan bumi dan seisinya yang memungkinkan bagi makhluk hidup untuk tumbuh dan berkembang;
3. Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; ulet; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap ilmiah dalam melakukan percobaan dan berdiskusi;
4. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan;
5. Memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, obyektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerja sama dengan orang lain;
6. Mengembangkan pengalaman menggunakan metode ilmiah untuk merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis melalui percobaan, merancang dan merakit instrumen percobaan, mengumpulkan, mengolah, dan menafsirkan data, serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis;
7. Memahami iklim dan unsur cuaca dan hubungannya dengan kegiatan kehutanan,

8. Memahami sifat-sifat tanah hutan dan hubungannya dengan kegiatan kehutanan.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Bidang Keahlian : Agribisnis dan Agroteknologi
Program Keahlian : Kehutanan
Mata Pelajaran : Silvika

KELAS : X

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1. Mengamalkan ajaran agama yang dianutnya pada pembelajaran silvika sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia. 2. Menyadari kebesaran Tuhan yang mengatur karakteristik hutan.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan	1. Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan praktek dan berdiskusi. 2. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan belajar di hutan dan melaporkan hasil kegiatan.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	1. Menerapkan peran, fungsi dan prinsip-prinsip pengukuran unsur cuaca. 2. Menerapkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah hutan. 3. Memahami komponen penyusun hutan. 4. Memahami dinamika tegakan 5. Memahami fungsi dan manfaat hutan.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	1. Menyaji data hasil pengukuran unsur cuaca dan klasifikasi iklim. 2. Menyaji data sifat fisik, kimia, dan biologi tanah hutan. 3. Menyajikan komponen penyusun hutan. 4. Menyajikan dinamika tegakan hutan. 5. Menyajikan fungsi dan manfaat hutan.

F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari buku teks bahan ajar Silvika 1, silahkan Anda menjawab pertanyaan di bawah ini dengan jujur.

No.	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah Anda memahami peran iklim dan cuaca dalam kehutanan		
2	Apakah Anda memahami atmosfir		
3	Apakah Anda memahami stasiun pengukuran cuaca		
4	Apakah Anda memahami unsur-unsur cuaca		
5	Apakah Anda mampu pengukuran unsur-unsur cuaca		
6	Apakah Anda memahami klasifikasi iklim		
7	Apakah Anda mahamai karakteritik tipe iklim		
8	Apakah Anda memahami peran dan fungsi tanah bagi kehidupan tumbuhan		
10	Apakah Anda memahami sifat fisika tanah (tekstur, struktur, warna).		
11	Apakah Anda memahami sifat kimia tanah (pH, kapasitas tukar kation, unsur hara)		
12	Apakah Anda memahami sifat biologi tanah (flora dan fauna tanah)		
13	Apakah Anda mampu mengukur sifat-sifat tanah (tekstur, warna tanah, kadar air, pH, kandungan unsur hara)		

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1. Iklim Hutan (KD)

A. Deskripsi

Pada kegiatan pembelajaran ini Anda akan mempelajari unsur-unsur cuaca dan cara pengukurannya, penetapan tipe iklim berdasarkan data pengukuran unsur cuaca dalam kurun waktu tertentu, mengenal tipe iklim Indonesia dan implikasinya terhadap pertumbuhan tumbuhan dan pengelolaan hutan.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini Anda diharapkan mampu:

a. Mendiskripsikan peran dan pengaruh iklim dalam produktivitas kehutanan/pertanian.
b. Mendiskripsikan unsur-unsur iklim/cuaca
c. Menyajikan pengukuran unsur-unsur iklim/cuaca
d. Menyajikan tipe iklim di Indonesia
e. Mendiskripsikan pengaruh iklim dan cuaca dalam pengelolaan tumbuhan hutan.

2. Uraian Materi

IKLIM DAN CUACA

ATMOSFIR

a. Pengertian dan Fungsi Atmosfer

Tuhan menciptakan bumi sungguh menakjubkan, dan manusia memilah memberi nama bagian yang padat dengan lithosfer, bagain cair dengan hidrosfer dan lapisan udara yang menyelimuti bumi dengan nama atmosfer. Keberadaan atmosfer sangat penting bagi seluruh kehidupan di bumi. Hal ini disebabkan karena segala peristiwa cuaca terjadi sampai pada ketinggian 10 km di atas permukaan bumi mempengaruhi seluruh kehidupan secara langsung maupun tidak langsung . Seperti terjadinya badai, angin topan, dan banjir yang sangat berpengaruh terhadap aktivitas kehidupan manusia. Ketiadaan hujan pada musim kemarau yang sangat panjang dapat mengakibatkan matinya sejumlah hewan dan tumbuhan. Dengan adanya atmosfer juga dapat menyelamatkan kehidupan mahkluk hidup dari bahaya sinar ultra violet yang dipancarkan bersama radiasi matahari. Atmosfer juga terdiri dari gas-gas yang dibutuhkan tumbuhan, hewan, dan manusia. Oleh karena itu, pemahaman tentang fenomena atmosfer terutama di lapisan sampai 10 km sangat diperlukan, sehingga kita dapat mengetahui atau memanfaatkannya untuk kesejahteraan manusia.

Manusia dan tumbuhan serta hewan tempat hidupnya diselimuti oleh atmosfer yang memberikan keadaan yang nyaman bagi pertumbuhan dan perkembangan semua makhluk hidup. Dari atmosfer manusia dan hewan dapat menghirup udara (oksigen) untuk pernafaskan dan ke dalam atmosfer membuang udara (karbon dioksida) sebagai hasil pernafasan. Tumbuhan menggunakan karbon diaksida dalam kegiatan fotosintesa dan

menghasilkan oksigen yang bermanfaat bagi manusia dan hewan. Mekanisme yang terjadi di dalam atmosfer sungguh sesuatu yang luar biasa sehingga kita selalu mendapatkan oksigen untuk kehidupan. Namun sering tidak disadari pentingnya peran atmosfer bagi kehidupan, sehingga banyak tindakan manusia yang mencemari dan merusak atmosfer dan menjadikan kehidupan tidak nyaman.

Atmosfer merupakan selimut tebal dari berbagai macam gas (termasuk aerosol) yang menyelimuti seluruh permukaan bumi. Gas tersebut terdiri dari udara kering dan uap air, sedangkan aerosol merupakan bahan padat. Atmosfer yang menyelimuti seluruh permukaan bumi berfungsi sebagai :

1) Pelindung bumi terhadap pemanasan dan pendinginan yang berlebihan (tanpa atmosfer suhu pada siang hari > 93^{o}C dan malam hari dapat mencapai –184^{0}C
2) Penyaring (filter) terhadap sinar surya yang berbahaya bagi mahluk hidup (yaitu sinar UV yang dapat menyebabkan kanker kulit pada manusia).
3) Penyedia bahan baku bagi mahluk hidup (yaitu CO_2 dalam proses fotosintesis dan O_2 dalam proses respirasi).
4) Pengatur kelestarian mekanisme terjadinya cuaca dan iklim.

b. Komposisi Atmosfer

Atmosfer adalah lapisan udara yang mengelilingi bumi dengan ketebalan kurang lebih 1.000 km dari permukaan bumi. Lapisan udara ini terdiri dari beberapa gas yang merupakan unsur-unsur dan senyawa kimia.

Komposisi atmosfer terdiri dari udara kering, uap air, dan aerosol. Komposisi udara kering dan uap air pada ketinggian dibawah 100 km terdiri atas :

a. Gas utama yang terdiri dari N_2, O_2, Ar, CO_2, dan HO_2 yang mendominasi sekitar 99.98% - 99,99% volume udara.
b. Gas penyerta permanen seperti Ne, He, Kr, Xe, dan H_2O, dan gas penyerta tidak permanen seperti CO, CH_4, HC, NO, NO_2, N_2O, NH_3, SO_2 dan O_3.

Tabel 1. Komposisi Atmosfer Bumi s/d Ketinggian 100 km (udara kering dan uap air)

Gas (Zat)	Berat Molekul	Banyaknya (Bagian Total Molekul)
Nitrogen (N2)	28.016	78.07%
Oksigen (02)	32.00	20.95%
Argon (Ar)	39.94	0.93%
Uap Air (H20)	18.02	0-4%
Karbon Dioksida (CO2)	44.01	325 ppm
Neon (Ne)	20.18	18 ppm
Helium (He)	4.00	5 ppm
Krypton (Kr)	83.70	1 ppm
Hidrogen (H2)	2.02	0.5 ppm
Ozone (03)	48.00	0-12 ppm

Dari tabel tersebut Anda dapat melihat bahwa gas nitrogen merupakan gas yang paling banyak terdapat dalam lapisan udara atau atmosfer bumi. Salah satu sumbernya yaitu berasal dari pembakaran sisa-sisa pertanian dan akibat letusan gunung api. Gas lain yang cukup banyak dalam lapisan udara atau atmosfer adalah oksigen. Oksigen antara lain berasal dari hasil proses fotosintesis pada tumbuhan yang berdaun hijau. Dalam proses fotosintesis, tumbuhan menyerap gas karbondioksida dari udara dan mengeluarkan oksigen. Gas Karbondioksida secara alami berasal dari pernapasan mahkluk hidup, yaitu hewan dan manusia. Sedangkan secara gas karbondioksida buatan berasal dari asap pembakaran industri, asap kendaraan bermotor, kebakaran hutan, dan lain-lain.

Selain keempat gas tersebut di atas ada beberapa gas lain yang terdapat di dalam atmosfer, yaitu di antaranya ozon. Walaupun ozon ini jumlahnya sangat sedikit namun sangat berguna bagi kehidupan di bumi. Karena ozonlah yang dapat menyerap sinar ultra violet yang dipancarkan sinar matahari sehingga jumlahnya sudah sangat berkurang ketika sampai di permukaan bumi. Apabila radiasi ultra violet ini tidak terserap oleh ozon, maka akan menimbulkan malapetaka bagi kehidupan mahkluk hidup yang ada di bumi. Malapetaka yang ditimbulkan dari radiasi di antaranya dapat membakar kulit mahkluk hidup, memecahkan kulit pembuluh darah, dan menimbulkan penyakit kanker kulit. Untuk itu, kita harus bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan gas berupa ozon, dan kita berharap agar gas ozon selalu tetap ada di dalam atmosfer atau lapisan udara. Sedangkan gas-gas yang mempunyai peranan penting secara meteorologis adalah CO_2, H_2O, O_3, dan aerosol.

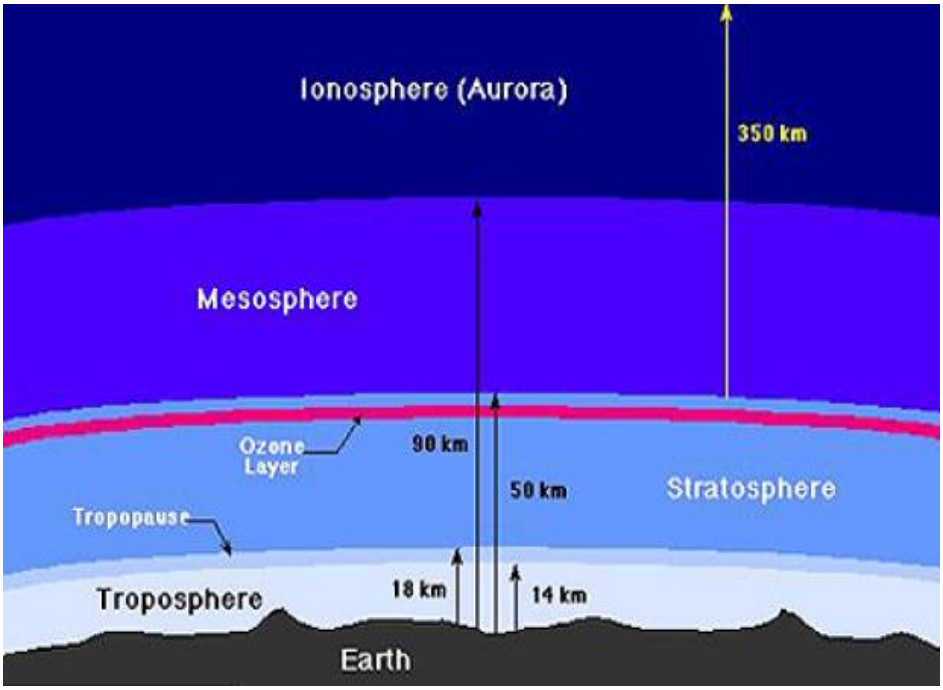
a. Karbon Dioksida (CO2) terutama dihasilkan dari pelapukan bahan organik oleh mikroorganisme secara alami dalam tanah dan pembakaran bahan bakar fosil. Gas tersebut yang ada diatmosfer akan diserap oleh tanaman sebagai bahan baku dalam proses fotosintesis dan sebagai penyerap yang baik terhadap radiasi bumi dan atmosfer secara selektif serta pada umumnya tidak menyerap radiasi surya sebagai radiasi gelombang pendek. Laju kenaikan konsentrasi CO2 cenderung meningkat meskipun saat terakhir ini peningkatannya relatif lambat. Secara global kenaikan gas ini sekitar 11% dengan konsentrasi 294 — 321 ppmv (1870-1970). Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dari 30 stasiun di dunia pada tahun 1992, konsentrasi gas tersebut mencapai 370 ppmv dengan laju kenaikan sekitar 0.4% dan meningkatkan suhu udara sekitar 0.2-0.5^{o}C.
b. Uap air (H2O) berasal dari penguapan (evapotranspirasi) yang terjadi di permukaan bumi dan merupakan sumber utama bagi pembentukan

awan dan presipitasi. Di samping sebagai penyerap radiasi surya, bumi dan atmosfer, juga dapat berfungsi sebagai bahan pemindah energi kalor laten. Kandungan uap air didaerah subtropika bervariasi dan pada saat angin kering bertiup hingga 3% volume pada saat angin laut bertiup pada musim panas. Sedangkan pada daerah tropika, karena suhu udara rata-rata lebih tinggi sehinga dapat mencapai 4% volume atau 3% dari massa atmosfer.

c. Ozon (03). Gas ini dihasilkan secara alamiah dari proses ionisasi pada ketinggian 80-100 km. Ozon tersebut dapat terurai lagi menjadi oksigen jika sinar ultra violet berlebihan atau adanya rampasan dari gas lain hasil industri. Misalnya CFC (klorofluorokarbon) dapat mengeluarkan atom klorin yang merampas satu atom 0 dan molekul 0_3 atau dengan faktor kesetimbangan dan momentum secara secar alami. Dampak negatif dari kegiatan manusia yang dapat menyebabkan menipisnya lapisan ozon adalah terjadinya kerusakan secara fisik oleh pesawat supersonik/ antariksa dan akibat senyawa gas yang mengandung sulfat dan nitrat. Ozon dapat berfungsi sebagai penyerap yang baik terhadap sinar ultra violet yang berbahaya bagi kehidupan manusia dan kehidupan lainnya serta dapat menyerap radiasi bumi pada panjang gelombang tertentu.
d. Aerosol merupakan partikel-partikel kecil (zarah) di atmosfer sebagai debu 20 % (terutama dihasilkan daerah kering), kristal garam 40% (dihasilkan dan pecahan ombak lautan), abu10% (dihasilkan dari letusan gunung berapi dan pembakaran), asap 5 % (dihasilkan dari letusan gunung berapi dan pembakaran), lain-lain 25% (terutama dihasilkan oleh mikroorganisme). Aerosol berfungsi sebagai inti kondensasi dan memencarkan radiasi surya ke segala arah. Keberadaanya di atmosfer tergantung pada massanya, pemanasan dan pendinginan di permukaan bumi serta angin.

c. Struktur Lapisan Atmosfer

Atmosfer yang menyelimuti bumi dibedakan menjadi 4 (empat) lapisan. Setiap lapisan memiliki karakteristik tertentu. Lapisan ini dapat dibagi atas beberapa lapisan berdasarkan penyebaran suhu, komposisi dan sifat gas yang dikandung dalam atmosfer, dan peristiwa fisika yang belangsung di atmosfer. Berdasarkan ketinggiannya, atmosfer dibagi atas empat lapisan, mulai dari lapisan paling bawah adalah trofosfer, stratosfer, mesosfer, dan termosfer.



Gambar 1. Struktur lapisan-lapisan atmosfer

1. Troposfer, merupakan lapisan terbawah dari atmosfer yang terletak pada ketinggian mulai permukaan bumi (laut) sampai pada ketinggian 8 km di daerah kutub dan 16 km di daerah ekuator atau dengan rata-rata ketinggian (altitude) 12 km. Pada lapisan ini terjadi penurunan suhu menurut ketinggian (sehingga disebut lapisan gradient suhu) dengan laju penurunan sebesar 0.65 ^{0}C setiap ketinggian naik 100 m. Besar

penurunan suhu ini disebut sebagai laju penurunan suhu normal. Karena merupakan nilai rata-rata pada semua lintang dan waktu.

Sumber bahan utama dari lapisan atmosfer ini adalah permukaan bumi yang menyerap radiasi surya. Trofosfer mengandung kira-kira 75% udara kering dan hampir 100% uap air dan aerosol. Oleh karena itu, trofosfer merupakan lapisan yang memiliki gejala cuaca, atau dikatakan pula sebagai lapisan pembuat cuaca, yang secara langsung penting bagi kehuidupan di permukaan bumi dan di atmosfer (aerobiologi).

Pergerakan udara baik secara lokal maupun secara umum (global), baik secara horizontal (disebut angin) maupun secara vertikal (disebut arus udara) pada umumnya terjadi pada lapisan ini. Semakin dekat dengan permukaan bumi, kecepatan angin semakin kecil, karena adanya kekerasan permukaan yang menyebabkan terjadinya gaya gesekan dan pengaruhnya dapat mencapai ketinggian 1.5 km. Oleh karena itu, lapisan di atas 1.5 km disebut atmosfer bebas, sedangkan dibawahnya disebut lapisan batas atmosfer dan di bawah ketinggian 100 m disebut lapisan batas permukaan. Lapisan trofosfer`diakhiri dengan suatu lapisan udara yang relatif tipis, yang sifatnya isotermal dengan suhu sekitar -60^{o}C dan disebut tropopause. Tropopause merupakan lapisan antara trofosfer dengan strafosfer di atasnya. Lapisan ini atau sedikit dibawahnya juga dikenal sebagai langit-langit cuaca, karena merupakan batas terjadinya komveksi (olakan) dan tuberlensi (golakan) atmosfer.

Stratosfer merupakan lapisan atmosfer kedua setelah trofosfer yang terletak di atas tropopause sampai ketinggian 50 km di atas permukaan bumi (laut). Bila pada lapisan trofosfer terjadi gradien suhu, maka pada lapisan ini justru terjadi kenaikan suhu menurut ketinggian yang disebut inversi suhu. Lapisan ini, mulai dari lapisan batas sampai

ketinggian 50 km, terdiri atas tiga sub lapisan dengan laju perubahan suhu yang berbeda yaitu:

a. Strotosfer bawah (12-20km) sebagai lapisan isotermal
b. Strotosfer tengah (20-35 km) sebagai lapisan inversi suhu
c. Strotosfer atas (35-50 km) sebagai lapisan inversi suhu yang kuat.

Lapisan ini merupakan lapisan amosfer utama yang mengandung ozon terutama pada ketinggian 15-35 km dengan konsentrasi tertinggi pada ketinggian 22.0-22.5 km, yang dikenal sebagai ozonosfer. Konsentrasi O_3 di atmosfer bervariasi menurut waktu dan tempat. Makin jauh dari kutub utara,O_3 semakin rendah, sebaliknya tertinggi ditemukan pada daerah ekuator pada bulan Juni sekitar 240x10-3cm dan disebut stratopause. Stratopause merupakan lapisan batas antara strafosfer dengan lapisan mesosfer di atasnya.

Mesosfer merupakan lapisan ketiga dari atmosfer yang terletak pada ketinggian 50-80 km. Pada lapisan ini terjadi penurunan suhu menurut ketinggian (gradien suhu) seperti yang terjadi pada lapisan pertama sampai mencapai puncaknya dengan suhu setinggi -90^oC, yang disebut mesopause dan merupakan lapisan isotermal seperti kedua lapisan batas di bawahnya.

Pada lapisan ini terjadi penguraian molekul oksigen menjadi atom oksigen, yang pada akhirnya akan menghasilkan molekul O3 dalam proses ionosasi terutama pada lapisan atas dan lapisan ini lebih terbuka terhadap sinar ultra Violet. Setelah O3 terbentuk kemudian akan turun ke lapisan stratosfer terutama pada ketinggian 15-35 km.

Termosfer merupakan lapisan keempat dari atmosfer yamg terletak pada ketinggian 80-100 km, tetapi berakhirnya lapisan ini banyak pendapat lain. Misalnya ada yang mengatakan 250 km dan bahkan 500

km. Diatas 100 km, atmosfer sangat dipengaruhi oleh sinar x dan radiasi ultra violet dari mstshsri ysng menghasilkan ionisasi. Dalam proses ini, terjadilah ion positif dan elektron bebas yang bermuatan negatif. Daerah dengan konsentrasi elektron bebas yang tinggi disebut ionosfer.

Pada lapisan ini terjadi kenaikan suhu menurut ketinggian (lapisan inversi suhu) seperti yang terjadi pada lapisan stratosfer. Lapisan ini pada umumnya terdiri dari molekul-molekul oksigen dan nitrogen serta atom oksigen. Lapisan atmosfer dibawah mesopause mempunyai komposisi atmosfer yang relatif homogen, sebaliknya di atas mesopause komposisi atmosfer tidak homogen lagi. Hal ini disebabkan oleh gerakan mikroskopik dari setiap molekul dan atom. Terjadinya inversi suhu pada lapisan ini oleh karena adanya penyebaran sinar ultra violet oleh atom oksigen seperti yang terjadi pada lapisan kedua (strafosfer).

PERAN IKLIM DAN CUACA

a. Manfaat dan Peran Cuaca

Keadaan atmosfir dari waktu ke waktu mengalami perubahan, misal ketika hujan maka suhu udara lebih dingin, ketika malam lebih dingin dibandingkan siang hari. Oleh karena itu sifat data cuaca dan iklim adalah data diskontinyu yang terdiri dari data radiasi surya, lama penyinaran surya, presipitasi (hujan, hujan es, salju dan embun) dan penguapan (evaporasi dan transpirasi)dsb. Penyajian datanya dalam bentuk nilai akumulasi dan ditampilkan dalam grafik histogram. Sedangkan data kontinyu yang terdiri dan suhu, kelembaban, tekanan udara dan angin disajikan dalam angka-angka sesaat atau rata-rata dan grafiknya dalam bentuk kurva.

Cuaca merupakan peristiwa fisik yang berlangsung di atmosfer pada suatu saat dan tempat/ruang tertentu, yang dinyatakan dalam berbagai variabel dan disebut unsur cuaca. Unsur cuaca diamati satu atau beberapa kali dalam sehari sebagai data cuaca diurnal, yang selanjutnya hasil pengamatannya dalam setahun sebagai data harian dan setahun. Jika data pengamatan dikumpulkan selama beberapa tahun yang merupakan data historis jangka panjang tentang perilaku atmosfer yang mencirikan iklim. Sehingga hasil pengamatan data tersebut merupakan informasi penting pada berbagai bidang terutama yang berkaitan dengan kehidupan manusia seperti kehutanan dan pertanian, penerbangan, hidrologi dan pengairan serta kesehatan masyarakat.

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari informasi cuaca/iklim adalah :

1. Sebagai peringatan dini dari dampak negatif yang ditimbulkan oleh cuaca/iklim yang ekstrim seperti banjir, kekeringan dan angin kencang.

2. Menyelenggarakan kegiatan atau usaha dibidang teknik, ekonomi dan sosial yang sesuai dengan ciri dan sifat cuaca/iklim, sehingga dapat dihindari kerugian yang diakibatkannya.
3. Melaksanakan kegiatan tersebut sebaiknya memamfaatkan pula teknologi pemanfaatan sumber daya cuaca/iklim.

b. Pengertian Cuaca dan Iklim

Iklim adalah gambaran penyebaran cuaca dari waktu ke waktu (hari demi hari, bulan demi bulan dan tahun demi tahun) dan termasuk didalamnya harga rata-rata dan harga harga ekstrim (yaitu maksimum dan minimum) atau keadaan rata-rata cuaca pada suatu periode yang cukup lama atau daerah yang cukup luas. Mengingat iklim adalah sifat cuaca dalam jangka waktu panjang dan pada daerah yang luas, maka data cuaca yang digunakan untuk menyusunnya seyogiyanya dapat mewakili keadaan atmosfer seluas mungkin di wilayah yang bersangkutan.

Cuaca adalah semua proses/peristiwa fisik yang terjadi/berlangsung di atmosfer pada suatu saat dan tempat tertentu atau nilai sesaat dari atmosfer serta perubahannya dalam jangka pendek disuatu tempat tertentu dibumi. Pernyataan secara kuantitatif dari cuaca umumnya digunakan untuk tujuan ilmiah, sedangkan secara kualitatif merupakan pernyataan masyarakat awam seperti tiupan angin lemah, langit cerah, dan cuaca buruk. Data cuaca akan dicatat terus menerus pada waktu tertentu secara rutin menghasilkan suatu seri data cuaca yang dapat digunakan menentukan iklim.

c. Unsur-unsur dan Pengendali Cuaca/Iklim

Keadaan atmosfir dari waktu ke waktu selalu berubah, pada suatu saat dirasakan panas ketika matahari bersinar, dingin ketika malam hari.

Keadaan atmosfir yang menjadi perhatian bagi kebutuhan kegiatan pertanian dan kehutanan meliputi unsur radiasi matahari, suhu udara, kelembaban nisbi udara, tekanan udara, evaporasi, curah hujan, angin, dan awan. Jika terjadi perubahan pada salah satu unsur cuaca (terutama pancaran surya) maka satu atau lebih unsur lainnya akan berubah, perubahan secara menyeluruh itulah yang disebut perubahan cuaca.

Perubahan cuaca berubah dari waktu kewaktu, oleh karena adanya rotasi dan revolusi bumi. Rotasi bumi akan menimbulkan siang dan malam hari, sedangkan revolusi bumi akan menimbulkan musim. Daerah subtropika dikenal adanya 4 musim yakni musim panas , musim gugur dan musim semi, musim dingin/salju sedangkan di daerah tropika dikenal musim hujan dan kemarau serta peralihan kedua musim.

Keadaan cuaca yang selalu berubah-ubah, dan selalu berbeda-beda dari tempat ke tempat lain, maka akan membentuk iklim yang berbeda dari suatu lokasi/daerah kelain lokasi/daerah. Perubahan dan perbedaan cuaca/iklim disebabkan oleh pengendali cuaca/iklim yaitu altitude (ketinggian tempat), latitude (lintang), penyebaran daratan dan perairan, daerah-daerah tekanan tinggi dan tekanan rendah, arus-arus laut, gangguan-gangguan atmosfer, satu atau lebih unsur cuaca dan iklim (terutama radiasi surya).

Kegiatan pengamatan cuaca dan iklim diseluruh dunia dikomunikasikan dan dikoordinasikan oleh badan dibawah suatu badan PBB yaitu “World Meteorological Organization (WMO)” yang berpusat di Genewa, Swiss. Organisasi ini dibentuk untuk pengembangan dan keseragaman dalam penyelenggaraan pengamatan cuaca dan iklim. Sedangkan koordinasi meteorologi di Indonesia diatur oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Jakarta yang menentukan waktu pengamatan menurut waktu matahari. Jumlah stasiun klimatologi di Indonesia berkisar 174 stasiun yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia.

d. Mekanisme Pembentukan Cuaca/Iklim

Penyerapan energi surya oleh permukaan bumi akan mengaktifkan molekul-molekul gas atmosfer sehingga terjadi pembentukan cuaca. Perubahan sudut datang surya tiap saat dalam sehari atau setahun pada suatu lokasi di bumi akan mengakibatkan perubahan jumlah energi surya. Perubahan tersebut meliputi pemanasan dan pendinginan udara, peningkatan dan penurunan tekanan udara, gerakan vertikal dan horizontal udara, penguapan dan kondensasi (pengembunan), pembentukan awan, presipitasi. Oleh karena itu interaksi antara unsur-unsur cuaca dengan faktor pengendalinya akan membentuk cuaca sesaat. Data keadaan cuaca sesaat pada suatu daerah tertentu yang dikumpulkan selama kurun waktu tertentu (jangka panjang) akan membentuk menghasilkan simpulan tentang tipe-tipe iklim.

Gambar 2. Mekanisme Pembentukan Cuaca dan Iklim

e. Hubungan antara cuaca/iklim dengan kehutanan/pertanian

Ruang lingkup klimatologi kehutanan/pertanian terbentang antara lapisan tanah sedalam perakaran tanaman hingga lapisan udara tertinggi yang berhubungan dengan penyebaran biji, spora, tepung sari dan serangga. Di bidang kehutanan ruang lingkup klimatologi dapat dimulai dari beberapa meter di bawah permukaan tanah sampai beberapa meter di atas permukaan tajuk pohon. Secara makro, hubungan iklim dengan vegetasi hutan dapat dilihat dengan jelas pada penyebaran tipe atau formasi hutan di dunia berdasarkan letak lintangnya. Selain iklim yang alami, juga diperhatikan keadaan lingkungan buatan seperti penghalang angin, naungan, irigasi, rumah kaca, gudang tempat penyimpanan produksi pertanian dan kandang ternak. Hubungan antara cuaca/iklim dengan kehutanan/pertanian dapat diperhatikan sebagaui berikut :

1. Hutan. Cuaca/iklim dapat mempengaruhi kondisi dan penyebaran vegetasi hutan dari satu tempat ke tempat lain. Vegetasi hutan pada daerah tropis adalah yang paling tinggi keragamannya dan semakin ke kutub pertumbuhan dan penyebaran vegetasi hutan semakin dibatasi.

Gambar 3. Hutan Tropis

2. Tanah.

Tanah adalah hasil pelapukan batuan selama periode waktu lama yang diakibatkan oleh perubahan cuaca. Cuaca/iklim dapat mempengaruhi sifat-sifat kimia dan fisika tanah serta organisme yang ada didalamnya.

Gambar 4. Profil Tanah

3. Tanaman

Faktor-faktor iklim dapat berperan, dimulai dari fase per kecambahan, fase vegetatif, generatif dan panen di pengaruhi oleh lingkungan, demikian juga pasca panen. Kualitas produksi tanaman yang dipanen pada musim hujan sangat berbeda jika di panen pada musim kemarau. mencegah terjadinya kebakaran hutan. Contoh musim kemarau yang pendek, sering ada hujan dapat mencegah terjadinya kebakaran hutan atau padang rumput

Gambar 5. Tanaman pertanian tumbuh subur

4. Peternakan.

   Cuaca/iklim dapat berpengaruh langsung terhadap ternak, contohnya ternak sapi perah agar hasil susunya berkualitas dan berkuantitas maka sebaiknya dipelihara di pegunungan. Pengaruh secara langsung melalui makanannya yang berasal dari hijauan maupun biji-bijian. Penyebaran geografis ternak, seperti kerbau dan sapi. Contoh kerbau lebih banyak ditemukan pada daerah basah, banyak hujan dan daerah rawa. Sedangkan sapi tumbuh baik jika diternakkan di tempat yang agak kering.

5. Hama dan penyakit.

   Pada musim hujan kondisi iklim menjadi lembab sehingga banyak tanaman diserang penyakit, pada musim kemarau diserang hama. Tinggi rendahnya populasi hama & penyakit tergantung pada keadaan lingkungan. Keadaan lembab menyebabkan jumlah penyakit akan optimum dan keadaan suhu yang tinggi serta kering jumlah hama optimum. Cuaca/iklim dapat mempengaruhi organisme hama atau penyakit dan tanaman yang terserang. Proteksi terhadap hama & penyakit dengan menggunakan pestisida dapat dicari pada saat yang tepat karena aplikasinya tergantung pada hujan, angin, suhu dan unsure cuaca lainnya.

6. Bangunan-bangunan pertanian.

   Merencanakan bangunan-bangunan pertanian seperti tingginya bendungan, dalamnya saluran draenase harus memperhitungkan keadaan cuaca/iklim setempat. Kandang ternak agar kuat mendapat terpaan angin maka sebaiknya ditanami pohon-pohon pelindung angin. Disamping itu dapat melindungi ternak agar tidak mengenai langsung angin seingga dapat mengganggu kesehatannya. Demikian juga mesin-

mesin pertanian yang kondisi lembab dapat berakibat cepat mengalami karat.

f. Modifikasi cuaca/iklim.

Secara makro manusia belum dapat mengendalikan cuaca/iklim, tapi secara mikro sudah banyak yang dilakukan seperti irigasi. Misalnya ketika Air tidak didapatkan dari hujan, manusia mendapatkan air melalui saluran irigasi yang datang dari waduk. Waduk merupakan hasil modifikasi hujan. Demikian juga halnya dengan pohon-pohon pelindung menaungi terhadap matahari langsung.

Pengukuran iklim pada percobaan pertanian dan kehutanan. Iklim berpengaruh nyata pada setiap fase kegiatan pertumbuhan tanaman, demikian pula perencanaan kegiatan pertanian dan kehutanan sehari-hari sampai jangka panjang tidak luput dari pengaruh cuaca/iklim.

Dengan hasil pengukuran data cuaca dan iklim tersebut dapat diketahui cara memilih tempat yang sesuai untuk tanaman tertentu atau memilih tanaman yang sesuai untuk suatu tempat tertentu. Selanjutnya dapat diketahui daerah-daerah yang sesuai dengan dukungan data cuaca/iklim secara kuantitatif, untuk mengembangkan suatu usaha yang mendapat nilai tambah.

STASIUN KLIMATOLOGI

a. Pendahuluan

Unsur-unsur cuaca yang berubah setiap saat perlu diamati dan dicatat perubahannya selama kurun waktu tertentu dan dapat dipergunakan sebagai bahan untuk menetapkan tipe iklim suatu daerah atau kawasan. Pengamatan dan pencatatan unsur-unsur cuaca dilakukan di stasiun klimatologi. Stasiun klimatologi merupakan stasiun meteorologi yang mampu menyelenggarakan pengamatan cuaca dan biologi dalam jangka waktu yang panjang dan teratur.

Penempatan stasiun klimatologi harus ada pada setiap titik jaringan pengamatan internasional secara mantap, minimal dalam jangka waktu 10 tahun tidak boleh dipindahkan. Oleh karena itu dalam penentuan lokasinya harus tepat, yaitu lokasi yang mewakili lingkungan alam yang tidak mudah berubah, sehingga data yang diperoleh dapat terjamin.

Stasiun klimatologi hendaknya dapat mengukur atau menaksir hubungan alamiah antara iklim, tanah, air dan tanaman. Tingkat ketelitian tergantung pada tujuan pengukuran data, segi teknik, dan seberapa jauh kemungkinan pelaksanaan pengumpulan data dapat dicapai. Kebutuhan pokok yang harus dipenuhi agar dapat menghasilkan data yang benar ialah :

1. Letak stasiun harus mewakili hubungan alamiah dari iklim, tanah, air, tanaman di daerah luas sehingga data yang diperoleh dapat memenuhi sasaran
2. Masing-masing alat menghasilkan data yang benar, tidak rusak dan mudah dirawat.
3. Pembacaan skala dan perekaman data mudah dilaksanakan.

4. Tersedia cukup tenaga pengamat, terlatih baik dan bertempat tinggal di dekat stasiun untuk menjamin pengawasan terhadap stasiun dan kelancaran pengamatan.

b. Penempatan Stasiun Klimatologi

Pengaruh iklim terhadap tanaman dapat diamati baik bila letak stasiun dapat mewakili hubungan alamiah antara iklim dengan tanah, air dan tanaman di suatu daerah pertanian dan kehutanan. Tempat yang mempunyai iklim berbeda-beda dalam jarak pendek karena faktor lingkungan yang bersifat khusus seperti rawa, bukit, danau, dan kota, sedapat mungkin tidak dipilih untuk lokasi stasiun. Namun apabila dibutuhkan, di tempat-tempat tersebut dapat didirikan stasiun tambahan atau stasiun khusus untuk pengumpulan data cuaca lokal sebagai pelengkap stasiun utama.

Beberapa faktor lingkungan khusus yang mempengaruhi perubahan iklim antara lain:

1. Vegetasi : perpindahan dari daerah kering ke daerah yang mendapat pengairan ditandai oleh turunnya suhu, kelembaban naik dan penguapan berkurang. Bila daerah sekelilingnya kering angin yang bertiup ke arah dalam dapat menimbulkan efek Oase (oasis effect).
2. Tinggi tempat : perbedaan ketinggian tempat yang cukup besar berpengaruh terhadap presipitasi, suhu minimum, kecepatan dan arah angin.
3. Distribusi darat-laut : keadaan iklim daerah pantai hingga jarak dua kilometer dari laut sangat bervariasi. Pada jarak 10-15 km perbedaan iklim terjadi secara bertahap.

4. Gunung : pengaruh angin gunung dapat terasa sampai sejauh kira-kira 50 kali ketinggian gunung. Angin lembab yang bergerak hanya berpengaruh di dalam daerah yang sempit.
5. Perlakuan dan aktivitas manusia: Berbagai perlakuan dan aktivitas manusia merubah keadaan iklim lingkungan alamiah, seperti :gedung, jalan beraspal, kepadatan penduduk, pembakaran secara intensif oleh dapur dan mesin-mesin, lalu lintas, dan berbagai aktivitas manusia merubah keadaan iklim.

Selain itu, stasiun cuaca tidak boleh terlalu dekat dengan letak suatu lereng terjal atau berada didalam daerah lembah. Daerah tekanan rendah harus dihindarkan karena suhu di daerah tersebut seringkali terlalu tinggi pada waktu siang hari dan rendah pada saat malam hari.

Tata Letak Sebuah Stasiun Klimatologi

Sebuah stasiun klimatologi memerlukan sebidang tanah yang cukup luas dan terbuka, terdiri atas taman alat dan daerah terbuka. Ukuran luas yang diperlukan tergantung pada jumlah alat dan persyaratan karakteristik masing-masing alat pengukur. Stasiun klimatologi yang berada di bawah koordinasi BMKG dikategorikana sebagai stasiun Kelas I, Kelas II, Kelas III dan Kelas IV. Persyaratan standar stasiun klimatologi diatur melalui Peraturan Kepala Badan Meteologi dan Geofisika nomor Kep 003 tahun 2008 tentang Standar Stasiun Klimatologi.

c. Taman Alat.

Taman alat adalah sebidang tanah pada dataran terbuka dan datar yang merupakan tempat kedudukan alat-alat meteologi. Persyaratan dasar yang harus dipenuhi untuk pembuatan taman alat ialah:

a. Jauh dari bangunan fisik yang dapat mempengaruhi iklim.
b. Jarak benda penghalang dengan taman alat paling sedikit 10 (sepuluh) kali tinggi benda atau bangunan.

c. Lahan bukan merupakan daerah pemukiman penduduk yang padat dan bebas dari daerah industri.
d. Topografi lahan merupakan tanah rata mendapat berumput dan bebas banjir.
e. Kondisi lahan taman alat dan kebun percobaan mewakili lingkungan pada umumnya di wilayah tersebut dan sebaiknya merupakan daerah pertanian atau perkebunan

Luas taman alat tergantung jumlah dan macam alat. Menurut WMO untuk pemasangan alat yang terdiri dari pengukur suhu udara dan kelembaban udara saja, memerlukan sebidang tanah berukuran paling sempit yaitu 9 x 6 meter. Adapun untuk sebuah stasiun klimatologi pertanian yang lengkap menurut Dooronbas (1976), dibutuhkan daerah terbuka yang berukuran paling sempit 10 x 10 meter.

Menurut Badan Meteologi dan Geofisika, persyaratan luas taman alat sebagai berikut :

a. Taman alat berukuran 40 m x 60 m membujur arah urata selatan.
b. Permukaan tanah rata, tidak bergelombang dan berumput pendek.
c. Taman alat dipagar dengan kawat harmonika atau sejenisnya setinggi 120 cm.
d. Pagar taman alat dilengkapi dengan pintu yang bisa dikunci dan letaknya diusahakan mempermudah pengamat melakukan pengamatan.

Stasiun klimatologi yang lengkap pada umumnya mempunyai taman alat dengan susunan alat sebagai berikut:

1. Sangkar cuaca (Stevenson screen), di dalamnya ditempatkan: thermohigrograph, thermometer max-min, thermometer bola basah-bola kering, hygrometer, piche evaporimeter, dan barometer.

Gambar 6. Sangkar Cuaca

2. Sunshine recorder Campbell Stokes

Gambar 7. Pengukur Panjang Hari Campbell Stock

3. Silicon Cell Solari meter

Gambar 8. Solarimeter

4. Ombrograph

Gambar 9. Ombrograph

5. Ombrometer

Gambar 10. Ombrometer

6. Anemometer dan Penunjuk arah angin (wind vane)

Gambar 11. Anemometer

7. Panci evaporimeter kelas A (Pan evaporimeter)

Gambar 12. Panci Evaporasi tipe A

8. Thermometer tanah dengan kedalaman : 0, 10, 20, 30, 50, dan 100 cm

Gambar 13. Termometer tanah

9. Thermometer

Gambar 14. Termometer bola basah dan termometer bola kering

Taman alat dibuat di daerah terbuka. Daerah terbuka ialah sebidang tanah di sekeliling taman alat, yang di dalamnya tidak terdapat suatu penghalang yang dapat mengganggu bekerjanya alat pengukur cuaca baik yang bersifat temporer maupun permanen. Daerah terbuka diperlukan agar hasil pengukuran unsur cuaca dalam taman alat dapat mewakili keadaan iklim daerah sekitar dengan jangkauan yang lebih luas. Oleh karena itu pengaruh iklim lokal harus ditiadakan. Beberapa pengaruh lokal yang sering terjadi, antara lain :

1. Turbulensi.

   Turbulensi akan terjadi apabila taman alat terlalu dekat dengan bangunan, pepohonan, tebing terjal dan penghalang yang lain. Semakin rapat letak penghalang dengan taman alat, turbulensi semakin meningkat. Gejala ini sangat mengganggu pengukuran suhu, kelembaban udara, angin, curah hujan dan penguapan. Dengan demikian, sebagai contoh untuk menghindari turbulensi maka penempatan penakar hujan memerlukan daerah terbuka dengan jarak antara penghalang dan alat > 4 kali tinggi penghalang, anemometer dipasang setinggi 2 meter di atas permukaan tanah memerlukan daerah terbuka dengan jarak antara penghalang dan alat > 10 kali tinggi penghalang.
2. Efek Oase (Oase effect).

   Stasiun cuaca yang dikelilingi oleh daerah berudara kering dan bersuhu tinggi, maka tiupan angin yang berhembus ke dalam taman alat menimbulkan adveksi yang disebut efek oase. Akibatnya dapat menimbulkan penyimpangan pada pengukuran suhu dan penguapan. Tindakan pencegahan dapat dilakukan dengan cara menanami daerah terbuka dengan rumput atau jenis tanaman pendek hingga seluruh permukaan tanah tertutup.

3. Naungan.

   Beberapa alat tertentu membutuhkan pengaruh cahaya matahari langsung berada di atas horizon dalam peredarannya setiap tahun. Alat pengukur lama penyinaran matahari mendapat cahaya langsung selama berada 30 di atas horizon. Radiometer memerlukan ruang terbuka 50 di atas horizon. Namun apabila terpaksa, kedua alat tersebut dapat diletakkan di atas menara atau puncak gedung didekatnya.

d. Pengamatan (Observation) Unsur Cuaca

Pengamatan cuaca ialah pembacaan data pada suatu alat pengukur cuaca. Pembacaan harus dilakukan setiap hari pada waktu yang sama, jam pengamatan ditentukan menurut petunjuk nasional oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG). Di Indonesia umumnya pengamatan dilakukan tiga kali dalam sehari, tetapi dalam hal ini tergantung pada keperluan data. Setelah pembacaan selesai, maka dilakukan tindakan rutin untuk mempersiapkan pias alat bagi pengumpulan data periode berikutnya. Beberapa pekerjaan rutin antara lain pemasangan kertas pias baru, pemutaran pegas jam, pengaturan kembali thermometer maksimum dan minimum, pengosongan penakar hujan, penambahan atau pengurangan air dalam panci A dan lain-lain. Hasil pengamatan dicatat dalam buku pengamatan, selanjutnya dipindahkan dalam buku data harian dan tahunan.

Identitas yang harus dicantumkan dalam setiap statiun klimatologi secara umum adalah nama stasiun klimatologi, nama negara, Letak Lintang, Letak Bujur (untuk Indonesia), Ketinggian dari permukaan laut.

Kesalahan utama yang merupakan sumber kesalahan data dalam pengamatan usur cuaca antara lain :

1. Kesalahan waktu (time error); ketidakteraturan perputaran silinder jam karena terlalu cepat atau lambat terlihat pada grafik kertas pias. Bila tidak cocok dengan arloji, perlu dibetulkan dengan memutar sekrup pengatur kecepatan pada silinder jam.
2. Kesalahan letak titik nol (Zero error); kesalahan titik nol memberikan perbedaan yang tetap terhadap nilai yang benar. Sehingga harus berhati-hati dalam membetulkan dan kedudukan pena terhadap skala pias. Sebelum itu, pemasangan kertas pias harus tepat dan memperhatikan nilai skala dari alat peneranya.
3. Kesalahan skala; hal ini terjadi bila "range" yang ditunjukan kertas pias tidak sama dengan "range" yang tercatat dari alat tanpa perekam. Kesalahan dapat disebabkan karena sensor alat mekanik pencatat kurang peka atau oleh ketidaktepatan garis skala pada kertas pias. Perbaikan alat harus dilakukan oleh seorang ahli peralatan.
4. Kesalahan pengamat; kesalahan manusiawi seorang pengamat seringkali merupakan sumber utama dari kesalahan data. Hal tersebut dapat dikurangi dengan melakukan "checking" secara periodik pada jam pengamatan atau cross checking pada saat analisa. Sumber utama kesalahan pengamat umumnya tergantung pada tingkat pendidikannya (pengetahuan) dan rasa tanggung jawab kepada pekerjaan.
5. Kesalahan alat : kesalahan ini bias terjadi apabila alat-alat yang digunakan kurang dipelihara dengan baik dan jarang dilakukan pengkalibrasian secara teratur. Agar diperoleh ketelitian yang tinggi dan seragam, maka perlu dilakukan kalibrasi tiap-tiap alat terhadap alat lain yang memiliki ketepatan baku. Sebuah stasiun klimatologi, dengan peralatan yang cukup seperti telah dikemukakan di atas, membutuhkan paling sedikit dua orang pengamat tetap dan satu orang pengamat cadangan.

UNSUR-UNSUR CUACA

RADIASI MATAHARI/SURYA

Unsur-unsur cuaca yang diamati dalam klimatologi pertanian dan kehutanan meliputi radiasi surya/matahari, suhu, kelembaban nisbi udara, tekanan udara, evaporasi, curah hujan, angin dan awan. Jika salah satu unsur cuaca berubah (terutama radiasi matahari) maka satu atau lebih unsur lainnya akan berubah, perubahan secara menyeluruh itulah yang disebut perubahan cuaca. Pengamatan unsur cuaca di Indonesia dikoordinir oleh Badan Meteologi, Klimatologi dan Geofisika.

a. Radiasi Matahari

Energi matahari ialah sumber energi terbesar di permukaan bumi, yaitu sekitar 99,9% dari energi total dan hanya sebagian kecil dihasilkan oleh panas dari tanah, letusan gunung berapi dan proses penghancuran mineral-mineral radioaktif serta hasil pembakaran bahan organik. Sehingga apabila ditinjau dari segi klimatologis, energi yang bukan berasal dari matahari dianggap kurang berarti.

Energi matahari ialah penyebab utama semua kegiatan perubahan maupun pergerakan di atmosfer. Oleh karena itu, penyebaran energi radiasi matahari di permukaan bumi merupakan faktor pengendali cuaca dan iklim yang terpenting. Radiasi matahari yang sampai ke bumi tidak seluruhnya dapat diserap oleh permukaan bumi, yaitu sekitar 50% saja, 20% diserap oleh atmosfer dan sisanya sekitar 30% dipantulkan kembali. Namun hal tersebut tergantung pada kondisi atmosfer pada saat tersebut. Radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi mempunyai beberapa pengaruh, antara lain:

a. Pada tanaman hijau, berperan sebagai energi dalam proses fotosintesa sehingga mempengaruhi kecepatan pertumbuhan tanaman. Proses fotosintesa merupakan aktivitas utama bagi tanaman berhijau daun selama pertumbuhannya.
b. Mempengaruhi kecepatan transpirasi tanaman.
c. Pada keadaan kritis pertumbuhan tanaman, tingkat energi radiasi yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya pembakaran.
d. Mempengaruhi perubahan unsur cuaca lain, seperti: suhu, kelembaban, angin, dll.

Radiasi matahari dapat dibagi berdasarkan fungsi masing-masing, yaitu lama penyinaran (periodisitas), intensitas radiasi matahari, kualitas radiasi matahari dan setiap komponen akan berbeda efeknya terhadap mahluk hidup dan tumbuhan atau tanaman.

a. Lama penyinaran (Periodisitas). Lama penyinaran ialah lamanya matahari bersinar cerah pada permukaan bumi, yang dihitung mulai dari matahari terbit hingga terbenam, dan ditulis dalam satuan jam sampai nilai persepuluhan atau sering ditulis dalam satuan persen terhadap panjang hari maksimum.Panjang hari berbeda menurut lintang dan waktu semakin jauh dari equator maka panjang hari semakin pendek, bergantung pada waktu/musim. Jika surya berada di belahan bumi utara (periode musim panas) maka panjang hari semakin panjang, dan sebaliknya di belahan bumi selatan.
b. Intensitas radiasi matahari. Intensitas radiasi matahari ialah jumlah energi matahari yang sampai pada suatu luasan tertentu dari suatu permukaan pada waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan Calori, Joule, Watt m-2 dll.

Radiasi matahari mempunyai peranan yang sangat penting dalam bidang pertanian, karena radiasi matahari merupakan sumber energi dalam proses fotosintesa bagi tanaman berhijau daun. Dari sejumlah radiasi matahari yang sampai di permukaan bumi, hanya 1-2% saja yang digunakan untuk proses fotosintesa. Laju fotosintesa akan meningkat dengan peningkatan intensitas cahaya, sedangkan respon tanaman terhadap tingkatan intensitas cahaya berbeda-beda tergantung pada spesies masing-masing. Berdasarkan hal tersebut, tanaman dikelompokkan dalam dua golongan menurut tingkat kejenuhannya terhadap intensitas cahaya:

Tanaman yang suka sinar matahari penuh (*sun lovy*), yang mencapai tingkat kejenuhan cahaya +2.500 footcandle. Contoh: bunga matahari, tembakau, kacang-kacangan, tomat, kapas, dll.

Tanaman yang butuh naungan (*shade lovy*), dengan tingkat kejenuhan +1.000 footcandle. Contoh: Oxalis, kopi, coklat, dll.

c. Kualitas radiasi matahari. Kualitas radiasi ialah spektrum cahaya dari radiasi yang mempunyai panjang gelombang bervariasi. Pada prinsipnya radiasi matahari mempunyai spektrum cahaya yang berbeda pada kisaran panjang gelombang 0.28-3.0 μm, yang terdiri dari spektrum infa merah (> 0.76 μm), visible light atau cahaya tampak (0.3-0.76 μm) dan ultra violet (< 0.3 μm).

   Pada kelompok spektrum cahaya tampak, bila diuraikan terdiri dari bermacam- macam warna: merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu yang masing-masing mempunyai panjang gelombang tertentu. Spektrum ini disebut sebagai PAR (photosynthetic Active Radiation) yang berperan dalam fotosintesa dan pembentukan pigmen-pigmen tanaman.

Tabel 2. Spektrum PAR dan warna

Panjang Gelombang (μm)	Warna
0.390 – 0.455	Violet – ungu
0.455 – 0.485	Biru gelap
0.485 – 0.505	Biru terang
0.505 – 0.550	Hijau
0.550 – 0.575	Hijau kekuningan
0.575 – 0.585	Kuning
0.585 – 0.620	Jingga
0.620 – 0.760	Merah

b. Pengukuran Radiasi Matahari

Sebagaimana disebutkan di atas, radiasi matahari meliputi tiga aspek yaitu lama penyiranan, intensitas radiasi matahari dan kualitas radiasi matahari, maka pengukuran terkait radiasi matahari meliputi lama penyinaran dan intensitas radiasi matahari dan kualitas radiasi matahari.

a. Lama Penyinaran

Alat yang digunakan untuk mengukur lama penyiranan adalah sun shine recorder type Cambell Stokes dan type Jordan. Kedua alat ini yang umum dipakai di stasiun klimatologi. Alat ini bekerja atas dasar efek pemanasan yang mengakibatkan terbakarnya kertas pias yang dipasang di dalam alat tersebut. Kertas pias adalah kertas yang digunakan untuk merekam sinar matahari yang terbuat dari karton, mudah terbakar, dan berwarna biru gelap sehingga dapat menyerap radiasi matahari. Kertas pias ini dilengkapi dengan skala jam, mulai pukul 06.00 hingga 18.00

b. Intensitas Penyinaran Matahari

Intensitas radiasi matahari dapat diukur dengan beberapa macam alat seperti Solarimeter, lyrbolimeter dan actinograf. Alat ini terdiri dari sebuah silinder yang di dalamnya berisi elemen-elemen silicon yang

dihubungkan dengan amperemeter. Di bagian atas silinder ditutup dengan kubah kaca diteruskan ke silicon untuk diubah menjadi energi listrik. Pada alat ini terdapat 6 buah amperemeter dimana cara pembacaannya dimulai dari angka pecahan/terkecil terus meningkat ke kali, maka akan menaikkan angka amperemeter berikutnya sebesar satu angka, begitu seterusnya hingga sampai pada amperemeter yang ke enem. Sedangkan satuan yang digunakan adalah ampere jam (ampere Houre=Ah), 1Ah=68,784 Cal/cm2/hari.

Gambar 15. Silicon cell Solarimeter

Berikut ini contoh cara menghitung besarnya intensitas radiasi matahari:

Pengamatan 10 Nopember 2013 :			
Jam	: 06.00	12.00	18.00
Amp.Jam	: 45908,0Ah	45912,2Ah	45914,7Ah
Pengamatan 11 Nopember 2013 :			
Amp.Jam	: 45915,0 Ah	45918,6Ah	45920,8Ah

Besarnya intensitas radiasi matahari pada tanggal 10 Nopember 2013 ialah selisih dari angka pengamatan tanggal 11 Nopmber 2013 dikurangi angka pengamatan tanggal 10 Nopember 2013 yaitu : 45915,0 Ah – 45908,0 Ah =

7 Ah., sedang 1 Ah = 68,784 Cal/cm2 jadi besarnya intensitas radiasi matahari total pada tanggal 10 Nopember 2013 = 7 x 68,784 Cal/cm2 = 481,488 Cal/cm2.

c. Kualitas Radiasi Matahari

Alat untuk mengukur kualitas radiasi matahari ialah spektometer.

Gambar 16. Spektrometer

UNSUR CUACA –
SUHU UDARA DAN SUHU TANAH

a. Pendahuluan

Apabila suatu benda dipanaskan, maka pergerakan molekul-molekulnya semakin intensif hingga muatan energi kinetisnya bertambah dan mengakibatkan suhu naik. Jumlah muatan energi kinetis molekul-molekul benda disebut panas dan dinyatakan dengan satuan calori. Suhu ialah tingkat kemampuan benda dalam hal memberikan atau menerima panas. Suhu seringkali juga diartikan sebagai energi kinetis rata-rata suatu benda. Satuan untuk suhu adalah derajat.

Pada siang hari radiasi matahari di permukaan bumi sebagian digunakan untuk memanaskan tanah dan udara di atasnya, yang akan meningkatkan kandungan panasnya. Jika jumlah panas dari tanah atau udara yang menerima panas meningkat maka meningkat pula suhunya Misalnya air dan tanah dengan jumlah penerimaan panas yang sama dan jumlah massa atau isi yang sama, maka perubahan (kenaikan/penurunan) suhu dari tanah lebih tinggi daripada air. Dengan demikian air merupakan penyimpan panas yang lebih efektif. Oleh karena itu suhu udara diatas perairan (terutama laut) pada siang hari lebih rendah daripada di atas daratan, dan sebaliknya pada malam hari suhu tanah akan lebih dingin dibandingkan dengan air.

Berdasarkan uraian diatas maka radiasi matahari untuk memanaskan tanah dan udara diatasnya merupakan panas yang dapat dirasakan, karena dapat meningkatkan suhu dari bahan. Pemanasan ini dapat dirasakan pada setiap orang, meskipun dengan perasaan yang relatif berbeda. Dengan

demikian suhu suatu bahan secara kualitatif dapat didefinisikan adalah ukuran atau derajad panas/dinginnya secara relatif dari bahan tersebut.

Untuk mengetahui suhu suatu benda digunakan media air raksa atau alkohol dengan prinsip menghitung besar pemuaian atau penyusutannya. Apabila dalam pengukuran suhu tidak ada lagi aliran panas, sebagai tanda miniskus air rakasa pada thermometer, maka suhu benda itu sama dengan suhu thermometer yang kemudian dapat langsung dibaca skala

Skala suhu yang terkenal dan sering digunakan ialah: Fahrenhit (^oF), Celcius (^oC), Reamur (^oR) dan Kelvin (^oK). Satuan Fahrenheit banyak digunakan oleh negara yang berbahasa Inggris. Satuan Celcius merupakan sistem yang paling luas digunakan dan dianjurkan oleh WMO, karena dianggap praktis untuk bidang Meteorologi dan Klimatologi. Satuan Reamur dan Kelvin pada prinsipnya mempunyai skala yang sama dengan Celcius, hanya berbeda dalam hal pengembalian dasar titik nol derajat. Derajat Kelvin dianggap sebagai nol derajat mutlak yang bernilai 273 skala di bawah 0^oC. Penggunaan satuan 0 ^oK lebih praktis dalam perhitungan suhu rendah.

Perubahan suhu merupakan proses fisik pada molekul benda. Tiap benda mempunyai kepekaan yang berbeda terhadap perubahan suhu. Sebagai sensor, thermometer dipilih sebagai suatu bahan yang mempunyai nilai kepekaan tinggi dan dapat diukur.Berdasarkan prinsip kerjanya thermometer dapat digolongkan menjadi 4 macam:

1. Termometer berdasarkan prinsip pemuaian.
2. Termometer berdasarkan arus listrik.
3. Termometer berdasarkan prinsip perubahan tekanan dan volume gas.
4. Termometer berdasarkan prinsip perubahan panjang gelombang cahaya yang dipancarkan oleh suatu permukaan bersuhu tinggi.

Pada umumnya bidang agroklimatologi menggunakan prinsip 1 dan 2 sementara termometer yang digunakan harus memiliki tanda skala sampai nilai persepuluh derajat dan harus ditera sebelum digunakan.

b. Perpindahan Panas

Pada siang hari suhu permukaan bumi lebih tinggi daripada suhu udara sehingga terjadi pemindahan panas dari permukaan bumi ke udara. Bila suatu bahan (medium mengandung panas yang lebih tinggi daripada disekelilingnya, maka panas tersebut sebagian akan dipindahkan kesekelilingnya dengan berbagai cara, yaitu dengan cara konduksi (hantaran), komveksi (olakan), adveksi dan radiasi (pancaran).

Konduksi (hantaran). Perpindahan panas ini terutama terjadi pada benda-benda padat seperti tanah. Perpindahan ini terjadi karena meningkatnya tenaga gerak atau tenaga kenetik dari molekul-molekul bahan, sehingga menumbuk molekul-molekul didekatnya yang tenaga geraknya lebih kecil. Jumlah panas yang dipindahkan persatuan luas persatuan waktu yang disebut kerapatan aliran panas yang ditentukan oleh gradient suhu dan sifat bahan atau daya hantar panas

Komveksi (olakan). Proses ini terjadi pada fluida (cairan atau gas) dalam keadaan diam, sedangkan proses olakan panas dipindahkan bersama-sama fluida yang bergerak dikenal dua proses yaitu olakan paksa (forced comvection) atau turbulensi (golakan) dan olakan bebas (free comvection).

Pada olakan paksa, udara bergerak melalui lapisan pembatas (boundary layer) pada permukaan yang kasar sehingga timbul gerakan yang acak. Pengaruh angin sangat nyata pada proses ini, terutama dekat permukaan. Sedangkan pada olakan bebas, udara dipanaskan oleh permukaan bumi sehingga udara akan mengembang dan kerapatannya lebih rendah (ringan) sehingga akan naik. Tetapi udara yang naik ini akan naik terus atau turun

kembali tergantung pada kestabilan atmosfer.Proses perpindahan panas di udara melalui olakan lebih efektif daripada hantaran atau pancaran. Jumlah panas yang dipindahkan persatuan waktu per satuan luas tergantung kerapatan udara kering, kalor jenis, tahanan aerodinamik gradien suhu.

Radiasi (pancaran). Energi kalor (panas) dari surya sebelum dipindahkan pertama kali harus dikomversi dulu menjadi energi radiasi (pancaran), yang terdiri dari berbagai macam sinar dengan panjang gelombang yang berbeda. Bila sampai pada suatu medium misalnya permukaan tanah, maka sebagian atau seluruh energi pancaran tersebut diserap dan oleh permukaan bumi dikomversi kembali menjadi energi kalor yang akan digunakan untuk memanaskan tanah dan udara di atasnya serta menguapkan air di permukaan. Proses pemindahan panas pada cara pancaran lebih efektif bila tanpa perantara (ruang hampa udara).

Adveksi. Proses ini merupakan modifikasi cara olakan, karena panas yang dipindahkan bersama-sama dengan medium yang dipanaskan. Sebagai perbedaannya, proses pemindahan panas bersama dengan udara yang bergerak ke atas atau ke bawah disebut arus udara. Sedang pemindahan panas dengan cara adveksi bersamaan dengan massa udara yang bergerak secara horizontal yang disebut angin. Adveksi merupakan sumber energi kedua yang terjadi secara alami. Efek panas yang timbul pada suatu daerah akibat adanya adveksi dari daerah yang lebih panas disebut efek oase (oases effect).

c. Penyebaran Suhu Udara

Suhu udara bervariasi menurut waktu dan tempat. Berdasarkan waktunya, maka dikenal penyebaran suhu udara diurnal, bulanan dan tahunan. Sedangkan berdasarkan tempat, penyebaran suhu udara menurut lintang, ketinggian dan tipe permukaan.

Penyebaran Suhu Udara Menurut Lintang

Lintang merupakan salah satu pengendali iklim terutama pada daerah lintang tinggi (misalnya daerah subtropika atau lintang tengah). Perbedaan lintang akan menyebabkan perbedaan insolasi dan radiasi harian atau tahunan. Pada tanggal 21 Juni insolasi harian maksimum terjadi pada lintang kira-kira 30^{o}C Utara sebaliknya 22 Desember terjadi pada lintang 30^{o}Selatan. Sedangkan pada pada tanggal 21 Maret atau 23 September, insolasi harian maksimum terjadi ekuator. Pencapaian insolasi harian maksimum disebabkan adanya posisi surya berada di atas masing-masing lintang pada tanggal atau hari yang bersangkutan.

Penyebaran radiasi menurut waktu dan lintang akan bernilai positif selama siang hari, namun suhu udara maksimum harian (diurnal) tercapai kira-kira 2 jam setelah mencapai nilai maksimum dan pencapaian suhu udara rata-rata harian (selama setahun) tercapai 1-2 bulan setelah tercapai insolasi atau radiasi maksimum.

Variasi suhu udara diurnal pada daerah tropika lebih besar daripada daerah subtropika, tetapi sebaliknya variasi suhu udara harian (selama setahun) pada daerah tropika justru lebih kecil daripada daerah subtropika. Hal ini disebabkan selain karena variasi insolasi atau radiasi neto harian selama setahun, tetapi juga karena variasi panjang hari pada daerah subtropika jauh lebih besar daripada daerah tropika. Sebaliknya variasi insolasi selama sehari pada daerah tropika justru lebih besar daripada daerah subtropika.

Penyebaran Suhu Udara Menurut Altitude

Di daerah tropika seperti Indonesia, ketinggian tempat (altitude) merupakan pengendali utama terhadap unsur-unsur iklim, terutama presipitasi dan suhu udara. Pada lapisan troposfer terjadi laju penurunan suhu normal sebesar 0.65^{o}C setiap naik 100 m. Tetapi besarnya laju

penurunan suhu ini bervariasi menurut waktu dan ruang. Misalnya hasil penelitian Braak (1928) di Jawa, diperoleh hubungan antara altitude (h dalam hektometer) dengan suhu udara rata-rata harian (T) dalam persamaan :

$$T = 26.3 - 0.61\ h$$

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa setiap naik 100 m akan turun suhunya sebesar $0.61^{o}C$ sehingga disebut laju penurunan suhu lingkungan. Laju penurunan suhu ini lebih dikenal dengan istilah gradient suhu, yang disebabkan oleh karena permukaan bumi merupakan pemasok panas terhadap tanah atau air dan udara di atasnya.

Tetapi bagi udara yang naik, laju penurunan suhunya relatif lebih tinggi atau lebih rendah daripada laju penurunan suhu lingkungan tergantung pada kondisi kelembaban diatmosfer. Pada kondisi atmosfer relatif kering atau lembab atau sebelum terjadi kondensasi di atmosfer, laju penurunan suhunya dapat mencapai hampir $1^{o}C$ tiap naik 100 m disebut laju penurunan suhu adiabatik kering

Sedangkan kondisi atmosfer dalam keadaan basah atau jenuh yang terjadi setelah kondensasi maka laju penurunan suhunya rata-rata hanya mencapai 0.5 ^{o}C tiap kenaikan 100 m disebut laju penurunan suhu adiabatik basah atau jenuh (Saturated lapse rate of temperature ys = 0.5 $^{o}C/100$ m), tetapi nilainya bervariasi menurut ketinggian. Misalnya pada lapisan terbawah dari troposfer hanya mencapai -0.4 $^{o}C/100$ m, tetapi ketinggian sekitar pertengahan troposfer dapat mencapai -0.6 $^{o}C/100$ m hingga -0.7 $^{o}C/100$ m. Istilah adibatik disini merupakan proses penurunan suhu berlangsung secara adiabatik. Proses adiabatik adalah proses perubahan sifat fisik suatu sistem (isi, tekanan atau suhu) tanpa masukan atau keluaran energi kalor (panas) ke/dari dalam sistem dan prosesnya biasa berlangsung relatif cepat.

Penyebaran Suhu Udara Menurut Tipe Permukaan

Secara makro perubahan suhu udara menurut tipe permukaan berdasarkan penyebaran daratan dan perairan. Air merupakan penyimpan panas (panas) pada siang hari atau selama musim panas yang paling efektif, sebaliknya pada tanah dan udara. Tetapi pada malam hari atau selama musim dingin air merupakan pelepas panas yang paling efektif, sebaliknya tanah dan udara. Kondisi inilah yang menyebabkan sehingga suhu udara pada siang hari di atas perairan lebih rendah daripada di atas daratan. Penyebabnya kemampuan permukaan air menyerap energi radiasi matahari surya dan kapasitas kalor lebih besar serta radiasi untuk menguapkan air lebih tinggi, tetapi didukung daya tembus sinar lebih dalam dan pemindahan panas lebih cepat apalagi jika didukung adanya ombak, gelombang dan arus laut.

Kestabilan Atmosfer

Proses pemindahan panas dari permukaan bumi kelapisan udara di atasnya terjadi secara olakan . Proses pemindahan panas dengan cara ini terjadi bersama-sama dengan fluida (udara) yang bergerak keatas karena lebih ringan atau kerapatannya lebih rendah. Udara yang bergerak keatas ini apakah cenderung naik terus atau turun kembali tergantung pada kondisi atmosfer yang disebut kestabilan atmosfer.

Bila udara yang mula-mula naik, tapi cenderung turun kembali, maka dikatakan atmosfer dalam keadaan stabil (stable). Tetapi bila udara tersebut cenderung naik terus sampai mencapai batas ketinggian kondensasi (kondensasi level) maka atmosfer dikatakan dalam keadaan instabil (unstable). Namun bila udara tersebut baru akan naik terus sampai di atas batas ketinggian kondensasi setelah terjadi pemanasan yang cukup tinggi dipermukaan (olakan kuat) atau adanya halangan pegunungan atau bukit yang tinggi maka atmosfer dalam keadaan instabil bersyarat

(conditional unstable). Tetapi pagi dan sore hari nampaknya udara tidak ada kecenderungan untuk naik atau turun dan atmosfer dalam suasana tenang dan cuaca cerah, maka atmosfer dikatakan dalam keadaan netral (neutral).

Pada kondisi atmosfer dalam keadaan stabil pada setiap ketinggian di atmosfer suhu udara selalu lebih rendah daripada suhu udara lingkungan, sehingga udara yang mula-mula naik akan cenderung turun kembali. Tetapi bila atmosfer dalam keadaan instabil maka suhu udara justru selalu selalu tinggi daripada suhu udara lingkungan sehingga parsel udara yang mula-mula naik akan cenderung naik terus. Sedangkan bila kondisi atmosfer dalam keadaan instabil bersyarat, suhu udara selalu lebih rendah daripada suhu lingkungannya. Selanjutnya diatas ketinggian tersebut udara baru naik secara bebas. Selain faktor penyebab tersebut, instabil bersyarat juga terjadi akibat adanya halangan pegunungan atau bukit yang tinggi yang didukung oleh pergerakan udara (angin).

Atmosfer dalam keadaan stabil akan mengakibatkan kondisi cuaca dalam keadaan cerah, keadaan instabil akan mengakibatkan kondisi cuaca dalam keadaan berawan, khususnya tipe-tipe awan komvektif, yang menimbulkan hujan bersifat lokal. Bila pemanasan cukup tinggi dan kandungan uap air di atmosfer sebagai hasil penguapan cukup banyak, maka tipe awan kumulus yang mula-mula terbentuk akan tumbuh menjadi awan yang lebih tinggi dan melebar disebut awan cumulonimbus. Awan dengan tipe ini pada umumnya diikuti hujan sangat deras atau sangat lebat dan kadang-kadang diikuti dengan angin kuat. Gejala ini disebut badai (tropis) yang berbahaya bagi kehidupan di permukaan bumi.

d. Pengukuran Suhu Udara

Pengukuran suhu udara untuk kepentingan Klimatologi harus terhindar dari beberapa macam gangguan baik yang bersifat lokal maupun hal lain yang dapat mengurangi kemurnian suhu atmosfer. Beberapa gangguan yang harus dihindarkan ialah :

1. Pengaruh radiasi matahari langsung dan pemantulannya oleh benda-benda di sekitarnya.
2. Gangguan tetesan air hujan
3. Tiupan angin yang terlalu kuat
4. Pengaruh lokal gradien suhu tanah akibat pemanasan dan pendinginan permukaan tanah setempat

Usaha yang dilakukan untuk mengatasi gangguan tersebut ialah dengan menempatkan alat pengukur suhu dalam suatu tempat yang disebut dengan sangkar cuaca. Selain untuk penempatan alat pengukur suhu udara, sangkar ini juga diperlukan bagi penempatan alat pengukur kelembaban nisbi udara, penguapan atmosfer "Piche" dan Thermo-grograf serta barometer. Kotak ini berbentuk segi empat dengan ukuran yang disesuaikan dengan macam alat pengukur diletakkan di dalamnya. Tubuh sangkar cuaca dibuat dari bahan yang tidak mudah menyerap radiasi dan dicat putih. Sangkar dipasang dalam taman alat dengan pintu terletak di sebelah utara atau selatan. Pada bumi belahan utara pintunya biasa diletakkan di sebelah utara dan tempat yang berada di belahan bumi selatan pintunya diletakkan di sebelah selatan. Sedangkan pada equator dipasang dua pintu, untuk periode 21 Maret-23 September menggunakan pintu selatan dan pada 23 September-21 Maret menggunakan pintu Utara. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari masuknya radiasi matahari pada waktu melakukan pengamatan, yaitu pada saat pintu sangkar dibuka. Hal yang perlu diketahui ialah apabila terlampau banyak benda logam di dalam sangkar cuaca, dapat merubah kondisi atmosfer didalamnya. Oleh karena

itu peralatan yang diletakkan di dalam sangkar cuaca hendaknya tidak terlalu banyak. Apabila peralatan terlalu banyak sebaiknya dibuat beberapa sangkar cuaca atau memperbesar ruangan atau memasang kipas angin dengan kecepatan putar yang cukup lemah. Tiupan angin yang terlalu kuat dikurangi dengan system dinding jelusi (louver). Kecepatan angin dalam sangkar yang masih dibenarkan ialah < 2,5 ms-1.

Sangkar cuaca dipasang dengan ketinggian 120 cm di atas permukaan tanah yang berumput pendek, dengan maksud untuk menghindari pengaruh local gradient suhu tanah akibat pemanasan dan pendinginan. Namun, untuk kepentingan data penelitian khusus tinggi sangkar dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Di dalam sangka cuaca, sebaiknya diletakkan thermometer bola kering dan bola basah serta thermometer maksimum dan minimum . Suhu udara rata-rata (harian) 24 jam dapat dihitung dari kertas pias thermograph dengan mengambil rata-rata dari 12 titik waktu selang dua jam, tetapi bila hanya tersedia data maksimum dan minimum, maka suhu rata-rata dapat diperoleh dari haris perhitungan dengan rumus berikut:

$$Tth = (t.maks + t.min)/2$$

Sedangkan bila hanya tersedia data suhu thermometer bola kering maka suhu rata-rata harian dihitung sebabai berikutrata-rata harian dihitung sebagai berikut :

$$Th = \{(2 \times tp) + ts + tsr\}/4$$

Dimana : Th = rata-rata suhu harian

tp = suhu udara pada pengamatan pagi hari

ts = suhu udara pada pengamatan siang hari

tsr = suhu udara padapengamatan sore hari

Suhu tertinggi dan terendah dalam satu periode dapat diamati sekaligus dengan menggunakan thermometer maksimum dan minimum. Untuk mengukur dipergunakan thermometer maksimum dan minimum Six Bellani.

Gambar 17. Termometer Maksimum dan Minimum

Thermometer ini merupakan modifikasi dari thermometer zat cair, yang ditemukan oleh James Six 1782. Sebagai pengisi sensor digunakan air raksa dan alkohol. Dua buah reservoir R1 dan R2 berada pada ujung-ujung pipa kapiler yang berbentuk U. R1 di sebelah kiri berisi alkohol penuh, R2 di sisi kanan berisi alkohol sebagian. Adanya ruang hampa di R2 memungkinkan gerak pemuaian dan penyusutan cairan akibat peubahan suhu. Terdapat batang indeks di dalam kapiler yang mengandung logam. Keduanya hanya

dapat bergeser apabila ada dorongan air raksa atau bila ditarik dengan besi magnit.

Pada saat suhu naik, alkohol di R1 memuai dan mendorong air raksa ke kanan sehingga indeks I1 terdorong naik. Suhu maksimum dibaca pada skala yang bertepatan dengan indeks I2. Setelah dilakukan pembacaan kedua indeks tersebut, maka indeks keduanya harus diturunkan dengan jalan menekan tombol yang ada di tengah alat tersebut, sehingga magnit yang ada di dalamnya turun dan menarik I2 hingga menempel ke media air raksa. Thermometer ini dipasang secara vertikal. Meskipun mudah digunakan tetapi oleh WMO dianggap kurang telilti sehingga pemakaiannya tidak dianjurkan. Pada thermometer sering terjadi pemutusan kolom zat cair saat transportasi atau karena adanya adhesi yang kuat antara cairan dan dinding kaca. Seringkali terjadi pula bahwa alkohol menguap kemudian berkondensasi dan menempel di dinding kapiler sebelah atas. Sedangkan untuk mengetahui fluktuasi suhu udara yang terjadi pada permukaan tanah dengan memasang thermometer di berbagai ketinggian, yaitu: 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 175, dan 200 cm.

Pengukuran suhu tanah

Pengukuran suhu tanah di stasiun klimatologi pertanian umumnya dilakukan pada berbagai kedalaman, yaitu 5 ; 10 ; 20; 50 dan 100 cm dari permukaan tanah. Pengukuran dilakukan pada tanah berumput pendek dan pada areal terbuka. Seperti diketahui bahwa suhu tanah berpengaruh terhadap penyerapan air. Semakin rendah suhu, semakin sedikit air yang diserap oleh akar, karena itu penurunan suhu tanah mendadak dapat menyebabkan kelayuan tanaman.

Termometer Tanah Berselebung kayu

Thermometer ini menggunakan thermometer air raksa yang panjangnya disesuaikan dengan kebutuhan, dan diberi selubung kayu. Maksud

penggunaan selubung kayu ialah mencegah agar penyerapan panas seminimum mungkin sehingga tidak berpengaruh terhadap pemuaian Hg. Thermometer ini ditancapkan tegak lurus dalam lubang tanah yang telah disiapkan, dengan bagian skala muncul diatas. Letak dan kedudukannya tidak boleh berubah dan dapat digunakan untuk berbagai kedalaman pengukuran yang telah disebutkan di atas.

Namun kelemahan thermometer tipe ini ialah :

a. Pembacaan agak sulit dilakukan karena letaknya yang terlalu rendah

b. Selubung kayu mudah rusak

Termometer tanah bengkok (berskala bengkok)

Jenis thermometer ini merupakan modifikasi bentuk thermometer air raksa. Untuk mempermudah pembacaan, skala dibuat bengkok dengan sudut antara 601,451,151, atau 01 dari permukaan tanah. Thermometer berskala bengkok ini bekerja dengan baik pada kedalaman 5; 10; dan 20 cm. Kelemahan jenis thermometer ini adalah mudah terjadi adhesi air raksa dengan dinding kaca karena radiasi intensif dari sinar matahari, sehingga bagian skala perlu dilindungi kain putih atau selubung putih yang mengkilat.

UNSUR CUACA –
KELEMBABAN UDARA

a. Pendahuluan

Anda pasti pernah merasakan pada siang ketika pada musim kemarau yang panas dan berangin kencang kulit terasa kering, sebaliknya ketika musim hujan dan panas tubuh kita terasa panas dan berkeringat. Kalau kita amati pastilah terjadi perbedaan kandungan air pada udara tersebut. Pada bagian ini akan dibahas tentang kelembaban udara.

Kelembaban adalah kadar uap air diudara/atmosfer. Kelembaban udara dapat dinyatakan dalam dalam tekanan udara, kelembaban mutlak, kelembaban spesifik dan kelembaban relatif. Dalam bidang kehutanan dan pertanian kelembaban relatif lebih penting untuk dipahami.

b. Tekanan Udara

Setiap gas penyusun udara/atmosfer masing-masing mempunyai tekanan antara lain tekanan uap air, dimana uap air sebagai bagian dari massa udara disebut tekanan uap air. Bila uap air ditambahkan dalam ruangan sampai udara tersebut tidak sanggup lagi menerimanya/mengandungnya, maka udara tersebut sudah jenuh dengan uap air dan tekanan yang dicapai disebut saturated vapour pressure, dan suhu yang dicapai pada saat itu disebut dew point (temperature),

c. Kelembaban Relatif,r atau RH (%)

Nisbah dari nisbah campuran aktual dari suatu sample udara pada suhu dan tekanan tertentu terhadap nisbah campuran jenuh. Di atmosfer butir-butir air biasanya dibawah $0^{o}C$. Oleh karena itu perlu dibedakan tekanan

uap jenuh diatas air dan diatas es. Perbedaannya sangat ditentukan jumlah dan jenis inti-inti kondensasi.Tekanan uap jenuh diatas air yang super cooled sedikit lebih tinggi daripada diatas es.

Alat pengukur suhu dan kelembaban biasanya digunakan Termometer bola basah dan Termometer bola kering, jika menunjukkan angka yang sama maka udara sudah jenuh dengan uap air dan tercapai RH = 100% pada saat itu tidak terjadi lagi penguapan dari reservoir air.

Bila terjadi penguapan dari reservoir. Panas laten untuk penguapan diambil dari udara sekitarnya sebagai panas sensible yang menyebabkan suhu thermomeer bola basah turun dan lebih rendah dari thermometer bola kering. Makin banyak penguapan atau makin rendah RH atau makin kering udara, maka semakin besar selisih penurunan suhu thermomeer bola basah dari thermometer bola kering.

d. Pengembunan dan Kondensasi

Batas ketinggian kondensasi adalah batas ketinggian atmosfer, diamana udara tidak jenuh diangkat melalui ekspansi adiabatik kering untuk menghasilkan kondensasi. Pengembunan dan kondensasi merupakan dua proses yang sama, yaitu proses perubahan fase dari uap air menjadi cair atau langsung berbentuk padat (kristal-kristal es). Sebagai perbedaan kondensasi berlangsung di atmosfer sedangkan pengembunan terjadi pada/dekat permukaan bumi.

Bila kelembaban nisbi udara telah mencapai 100% atau didekatnya (dibawah 100% bila ada efek larutan dan di atas 100% bila ada efek kelengkungan) atau bila udara telah mencapai titik jenuh, maka terjadilah pengembunan atau kondensasi. Hasil pengembunan atau kondensasi tegantung pada titik embun. Bila titik embun di atas 0oC (titik beku), maka akan terjadi embun, kabut dan awan, sedangkan bila dibawah titik beku,

akan terjadi kristalkristal es dalam bentuk embun beku (ibun putih) ritme (hujan es, salju dan awan dingin.Pendinginan dapat terjadi karena pancaran keluar dari massa udara, rambatan/sentuhan dengan permukaan yang lebih dingin dan percampuran dari massa udara dengan suhu dan kelembaban yang berbeda.

Embun dan ibun putih merupakan hasil dari pengembunan dekat permukaan bumi karena tingginya radiasi bumi efektif oleh karena cuaca dalam keadaan cerah dan angin sangat lemah. Sedangkan ritme terjadi karena butir-butir air yang sangat dingin menyentuh benda-benda dingin.

Kabut merupakan hasil pengembunan/kondensasi yang berlangsung dekat permukaan bumi, yang terdiri atas kabut pancaran dan kabut adveksi. Kabut pancaran yang terjadi pada daratan juga dikenal sebagai kabut inverse permukaan. Kabut inverse ini didukung oleh keadaan stabil atmosfer, langit cerah, dan angin lemah. Sedangkan kabut adveksi terjadi karena adanya gerakan udara yang hangat dan lembab secara horizontal kearah permukaan yang dingin. Terjadinya terutama di tepi pantai atau di pinggir badan berair yang besar di daratan (danau), dimana terjadi perbedaan suhu yang besar secara horizontal.

e. Pengukuran Kelembaban Udara

Kelembaban nisbi udara ialah nilai nisbah antara uap air yang terkandung dan daya kandung maksimum uap air di udara pada suatu suhu dan tekanan tertentu, yang dinyatakan dalam persen. Kelembaban udara dalam pengamatan klimatologi dinyatakan sebagai kelembaban nisbi atau RH (Relatif humidity).

Terdapat empat macam dasar cara pengukuran kelembaban nisbi udara:

a. Metoda thermodinamik

b. Metoda perubahan ukuran (panjang) benda higroskopik
c. Metoda perubahan nilai suatu listrik
d. Metoda kondensasi

Metode yang digunakan di stasiun klimatologi ialah metode thermodinamik. Pengukuran kelembaban nisbi udara dengan metode ini membutuhkan psikometer atau secara langsung dapat menggunakan hygrometer. Alat-alat ini diletakkan dalam sangkar cuaca.

Peralatan dan Cara Pengukuran

1. Psikrometer ialah alat pengukur RH, yang bekerja berdasarkan persamaan thermodinamik, sebagai berikut :

   RH = (ed/ea x 100%)

   Dimana : RH = kelembaban nisbi udara dalam persen

   ed = tekanan uap air sebenarnya di udara dalam milibar

   ea = tekanan uap air jenuh dalam milibar pada suhu

   ew = tekanan uap air jenuh dalam milibar pada suhu

   A = tetapan psikrometer yang tergantung dari cara

   A= 0,000662 ventilasi psikrometer tipe dengan kecepatan angin 5 ms-1

   A= 0,000800 ventilasi psikrometer secara alami seperti dalam sangkar thermometer dengan kecepatan angin berkisar 1 ms-1

   A= 0,000120 tanpa ventilasi, tidak ada pergerakan udara dalam ruangan

   P= tekanan udara barometric dalam milibar pada altitude tertentu

   Td = suhu thermometer bola kering;

   Tw = suhu thermometer bola basah

Pada tekanan dan suhu tertentu, nilai ew besarnya tertentu: pada kecepatan 3 ms-1 koefisien A nilainya tertentu dan perubahan nilai P di udara lapisan bawah relatif kecil, sehingga melalui pengukuran Td-Tw nilai RH dapat diketahui perbedaan antara thermometer bola kering dan bola basah ialah pada thermometer bola basah menggunakan kain kasa atau muselim yang dicelupkan ke mangkok yang berisi air aquades secara terus menerus. Thermometer yang dipakai hendaklah mempunyai pembagian garis skala 0,1 derajat. Adapun cara membacanya dimulai dari thermometer bola kering kemudian bola basah. Pembacaan tidak boleh terlalu dan harus tepat.

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk thermometer bola basah ialah :

a. Kain kasa/muselim yang digunakan harus benar-benar higroskopis
b. Pada waktu memasang kain muselim tangan harus bersih
c. Menggunakan aquades sebagai air pembasah

Beberapa jenis psikrometer yang banyak dikenal ialah psikrometer sangkar (stationary psychrometer), psikrometer putar (siling psycrometer) dan psikrometer ventilasi (aspirated psycrometer) yang banyak dikenal ialah psikrometer Assman. Jenis lain yang belum banyak dikenal di Indonesia ialah psikrometer perekam. Jenis ini pada prinsipnya ialah thermograf dengan dua macam pengindera dwilogam. Salah satu pengindera dibungkus kain muselim dan dibasahi secara terus menerus.

Psikrometer Sangkar (Stasionery Psychrometer). Psikrometer sederhana ini terdiri dari sepasang thermometer (bola basah dan bola kering), dipasang tegak lurus dalam sangkar cuaca dengan tinggi penginderaan 1,25 – 2 meter dari permukaan tanah. Apabila pengamatan dilakukan dengan higrograf, maka nilai RH dari

psikrometer digunakan sebagai penera. Begitu pula nilai rata-rata dari bola kering dapat digunakan untuk menera suhu harian atau nilai suhu dari thermograph. Penempatan alat ini di dalam sangkar diharapkan agar penginderanya terhindar dari sinar matahari langsung, tetesan air hujan dan angin yang terlalu kencang. Kecepatan angin yang diperlukan pada waktu pembacaan ialah 3-5 meter per detik. Pada daerah yang berangin lemah diperlukan kipas penghembus psikrometer yang diputar sebelum pembacaan. Apabila tidak tersedia kipas angin, maka digunakan tabel khusus psikrometer n. Tabel tersebut disusun untuk perhitungan RH pada kecepatan angin 1-1,5 meter per detik, sesuai dengan kecepatan angin di dalam sangkar.

Penggantian kain muselim dianjurkan seminggu sekali, sebelum dipasang kain harus dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran, debu, dan lemak. Kegiatan ini biasanya dilakukan setelah pengamatan atau minimal 50 menit sebelum pengamatan. Jarak antara kain pengindera dengan mangkok yang berisi air aquades ialah 2-7 cm.

Kedua thermometer dipasang berdampingan didalam satu kerangka. Kedua pengindera dilindungi dinding logam yang mengkilat untuk menghindarkan dari pengaruh sinar langsung. Keduanya dipisahkan oleh penyekat agar pengindera bola kering tidak terpengaruh oleh uap air dari pengindera bola basah. Langkah yang perlu ditempuh dalam menggunakan alat ini ialah:

- Pelindung pengindera dibuka, aquades diteteskan hingga kain muselim cukup basah (dengan menggunakan pipet), kemudian ditutup kembali.
- Pilih tempat yang aman untuk memutarnya. Sebaiknya dicari tempat yang terlindung. Apabila angin sedang bertiup, badan harus menentang arah angin. Putar dengan hati-hati di depan

dada dan jangan terlalu dekat dengan tubuh. Dianjurkan empat putaran per detik agar didapatkan kecepatan hembusan udara pada pengindera + 2,5 ms-1 dan diakhiri perlahan-lahan.

- Pembacaan segera dilakukan setelah putaran berhenti yang dimulai bola kering kemudian bola basah. Pada saat pembacaan hendaknya menahan nafas.
- Pengukuran dinding 2 atau 3 kali agar diperoleh nilai yang seragam

Menentukan kelembaban nisbi udara dengan menggunakan tabel RH

Setelah didapat nilai suhu bola kering dan bola basah, maka selisih dari keduanya dicari dalam tabel atau mistar sangkar untuk memperoleh nilai RH. Tabel disusun menurut perhitungan (rumus) yang telah ditetapkan di atas, tanpa perhitungan lagi langsung menggunakan tabel dengan data suhu BK (lajur tegak kiri) dan selisih dari BK dan BB (lajur mendatar atas) (Tabel 2). Tabel 2. digunakan untuk psikrometer yang diletakkan dalam sangkar pnetrometer.

Beberapa sumber kesalahan pada psikrometer

a. Kesalahan skala pada thermometer. Kesalahan skala dapat terjadi apabila digunakan thermometer yang belum diketahui tingkat ketelitiannya. Oleh karena itu, sebelum digunakan thermometer harus ditera terlebih dahulu dan nilai RH ditentukan berdasarkan nilai suhu yang benar (corrected).
b. Kesalahan yang ditimbulkan oleh sistem pengaliran udara pada pengindera Penentuan nilai RH dengan psikrometer, didasarkan kepada suatu rumus yang di dalamnya terlihat suatu nilai tetapan psikrometer. Nilai tetapan ini membutuhkan persyaratan kecepatan

tertentu dan aliran udara ke arah kedua pengindera thermometer. Penggunaan tabel tanpa memeperhatikan persyaratan ventilasi akan mengakibatkan penyimpangan pada nilai kelembaban yang diperoleh. Hal tersebut terjadi apabila digunakan tabel RH yang tidak sesuai dengan tipe psikrometernya. Perlu dijelaskan pula bahwa salah satu kelemahan utama dari psikrometer sangkar terdapat pada sistem ventilasinya, terutama pada pemakaian di daerah yang berudara tenang. Pada daerah yang anginnya kurang, apabila menggunakan psikrometer sangkar di waktu udara kering dapat menimbulkan kesalahan nilai RH hingga 10 %.

c. Pengotoran kain muselim atau pada air pembasah. Adanya kotoran pada kain muselim atau pada air pembasah mengakibatkan hambatan pada penyerapan air dan proses penguapan di dalam kain muselim. Pengotoran mudah terjadi di daerah pantai (oleh garam), daerah berdebu, dan daerah industri. Sedangkan di daerah lembab kain muselim mudah ditumbuhi oleh lumut atau jamur. Untuk mengindari kesalahan ini kain muselim dan air pembacaannya harus sering diganti, sebaiknya satu minggu sekali. Bila tidak terdapat aquades sebagai pembasah, dapat digunakan air hujan yang tertampung pada penakar hujan. Apabila persyaratan tersebut di atas dapat tepenuhi, pengukuran RH dengan psikrometer akan menghasilkan data yang teliti. Nilai RH dari psikrometer umumnya lebih teliti dibandingkan dengan nilai dari hygrometer rambut. Oleh karena itu, psikrometer dapat digunakan sebagai alat penera hygrometer atau hygrograf.

2. Hygrometer Rambut

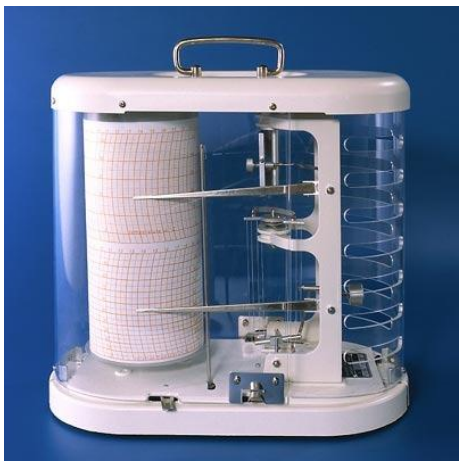
Rambut merupakan benda higroskopik yang memiliki nilai pemuaian dan penyusutan yang berkorelasi baik dengan kelembaban nisbi udara. Bila RH naik panjang rambut bertambah dan menyusut apabila RH

turun. Hubungan antara RH dan perpanjangan rambut tidak linier. Sebagai pengindera higrograf digunakan rambut manusia setelah dibersihkan dari debu, minyak dan lemak. Pada alat tersebut perubahan panjang dirambatkan melalui sistem mekanik serta tangkai pena sehingga diperoleh gambar grafik pada kertas pias. Higrograf rambut yang dikombinasikan dengan thermograph pada sebuah alat, dinamakan thermohigrograph. Sistem rekaman data dilakukan untuk periode harian atau mingguan.

Pada suhu rendah reaksi terhadap perubahan kelembaban agak lambat. Demikian pula suasana RH sangat rendah dan sangat tinggi. Alat ini kurang baik digunakan di daerah dengan kelembaban nisbi kurang dari 25 persen. Pada umumnya hygrograf kurang teliti (nilai kesalahan +5 %), maka diperlukan data psikrometer sebagai pengontrol data. Keuntungan penggunaan alat ini ialah dapat merekam kelembaban nisbi udara secara terus menerus. Sebelum digunakan perlu dikalibrasi terlebih dahulu terhadap psikrometer baku (stAndart). Hal ini dianjurkan untuk dilakukan di dinas meteorologi.

Beberapa sumber kesalahan ialah kesalahan titik nol dan kerusakan pada sistem mekanik. Kesalahan yang sering terjadi pada hygrograf ialah pengotoran pengindera rambut oleh debu dan partikel lainnya, berkas rambut berkurang karena putus, perubahan sistem mekanik dan pemasangan kertas pias yang kurang tepat. Oleh karena itu dianjurkan untuk membersihkan berkas rambut satu minggu sekali oleh petugas yang terlatih. Pencucian dengan aquades menggunakan kuas yang sangat halus, dan rambut tidak boleh tersentuh jari atau benda lain yang berlemak. Jika pengindera rambut telah selesai dicuci dan tetesan air pada rambut cepat hilang, maka pena harus menunjukkan kelambaban nisbi 95 %. Bila kurang tepat perlu dilakukan penyesuaian dengan memutar sekrup pengaturnya.

Pada waktu pengamatan segera setelah dilakukan pembacaan RH, psikrometer pelu dilakukan pemberian tAnda koreksi pada grafik RH dengan menaruh pena higrograf ke bawah secara berhati-hati (demikian pula pada pena thermohygrografnya). Hal ini bertujuan untuk memudahkan pembacaan nilai RH dari kertas pias yang selanjutnya dibandingkan dengan RH dari psikrometer bagi penyusunan nilai koreksi higrograf.



Gambar 18.Thermohygrograph

Tabel 3. Daftar RH untuk psikrometer sangkar.

Suhu BK (^{0}C)	Selisih suhu thermometer bola kering dan bola basah (^{0}C)										
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
40	100	97	94	91	88	85	82	79	76	73	71
39	100	97	94	91	88	84	82	79	76	73	70
38	100	97	94	90	87	84	81	78	75	73	70
37	100	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69
36	100	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69
35	100	97	93	90	87	83	80	77	74	71	68
34	100	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68
33	100	96	93	89	86	83	80	76	73	70	67

Suhu BK (^{0}C)	Selisih suhu thermometer bola kering dan bola basah (^{0}C)										
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
40	71	68	66	63	61	58	56	53	51	49	47
39	70	68	65	63	60	58	55	53	50	48	46
38	70	67	64	62	59	57	54	52	50	47	45
37	69	67	63	61	59	56	54	51	49	46	44
36	69	66	63	61	58	56	53	50	48	45	43
35	68	65	63	60	57	55	52	49	47	45	42
34	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41
33	67	64	61	58	56	53	50	48	45	42	40

Suhu BK (^{0}C)	Selisih suhu thermometer bola kering dan bola basah (^{0}C)														
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8
32.0	100	99	97	96	94	93	91	90	90	87	86	85	83	82	81
31.5	100	99	97	96	94	93	91	90	89	87	86	84	83	82	80
31.0	100	99	97	96	94	93	91	90	88	87	86	84	83	81	80
30.5	100	98	97	96	94	93	90	90	88	87	85	84	83	81	80
30.0	100	98	97	95	94	93	90	90	88	87	85	84	83	81	80
29.5	100	98	97	95	94	92	90	90	88	87	85	84	82	81	80
29.0	100	98	97	95	94	92	90	89	88	86	85	83	82	81	79
28.5	100	98	97	95	94	92	90	89	88	86	85	83	82	80	79
28.0	100	98	97	95	94	92	90	89	88	86	85	83	82	80	79
27.5	100	98	97	95	94	92	90	89	88	86	85	83	82	80	79
27.0	100	98	97	95	94	92	90	89	87	86	84	83	81	80	78
26.5	100	98	97	95	94	92	90	89	87	86	84	83	81	80	78
26.0	100	98	97	95	93	92	90	89	87	86	84	82	81	80	78
25.5	100	98	97	95	93	92	90	88	87	86	84	82	81	79	78
25.0	100	98	97	95	93	92	90	88	87	86	84	82	81	79	77
24.5	100	98	97	95	93	92	90	88	87	86	83	82	81	78	77
24.0	100	98	97	95	93	91	90	88	86	85	83	82	80	78	77
23.5	100	98	97	95	93	91	90	88	86	85	83	81	80	78	77
23.0	100	98	96	95	93	91	90	88	86	84	83	81	79	78	76
22.5	100	98	96	95	93	91	89	88	86	84	83	81	79	78	76
22.0	100	98	96	95	93	91	89	88	86	84	82	81	79	77	76
21.5	100	98	96	95	93	91	89	87	85	84	82	80	79	77	76
21.0	100	98	96	94	93	91	89	87	85	84	82	80	78	76	75
20.5	100	98	96	94	93	91	89	87	85	83	82	80	78	76	75
20.0	100	98	96	94	92	91	89	87	85	83	81	80	78	76	74
19.5	100	98	96	94	92	90	89	87	85	83	81	79	78	75	74
19.0	100	98	96	94	92	90	89	86	85	83	81	79	77	75	74
18.5	100	98	96	94	92	90	89	86	84	83	81	79	77	75	74
18.0	100	98	96	94	92	90	89	86	84	82	80	78	76	74	73
17.5	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72
17.0	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72
16.5	100	98	96	94	92	90	88	85	83	81	79	77	75	74	72
16.0	100	98	96	94	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71
15.5	100	98	96	93	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71
15.0	100	98	96	93	91	89	87	85	83	81	78	76	74	72	70

Suhu BK (^{0}C)	Selisih suhu thermometer bola kering dan bola basah (^{0}C)															
	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0
32.0	79	78	77	75	74	73	72	70	69	68	67	65	64	63	62	61
31.5	79	78	76	75	74	73	71	70	69	67	66	65	64	63	61	60
31.0	79	77	76	75	74	72	71	70	68	67	66	65	63	62	61	59
30.5	79	77	76	75	74	72	71	69	68	67	66	64	63	62	61	59
30.0	78	77	76	74	73	72	70	69	68	66	65	64	63	61	60	59
29.5	78	77	75	74	73	71	70	69	67	66	65	64	62	61	60	59
29.0	78	77	75	74	72	71	70	68	67	66	65	63	62	61	59	58
28.5	78	76	75	74	72	71	69	68	67	66	65	63	62	60	59	58
28.0	77	76	75	73	72	70	69	68	66	65	65	62	61	60	59	57
27.5	77	76	74	73	72	70	69	67	66	65	63	62	61	59	58	57
27.0	77	76	74	73	71	70	68	67	66	64	63	62	60	59	58	56
26.5	77	75	74	73	71	69	68	67	64	63	63	61	60	58	57	56
26.0	76	75	73	72	71	69	68	66	63	63	62	61	59	58	57	55
25.5	76	76	73	72	70	69	67	66	63	63	62	60	59	57	56	55
25.0	76	74	73	72	70	69	67	66	63	63	62	60	59	57	56	55
24.5	76	74	73	72	70	68	67	65	63	62	61	59	58	56	55	54
24.0	75	74	72	71	69	68	66	65	63	62	60	59	57	56	54	53
23.5	75	73	72	71	69	67	66	64	63	61	60	58	57	55	54	52
23.0	75	73	72	70	68	67	65	64	62	61	59	58	56	55	53	52
22.5	74	73	71	70	68	66	65	63	61	60	59	57	56	54	53	51
22.0	74	72	71	69	67	66	64	63	61	60	58	57	55	54	52	51
21.5	74	72	70	69	67	66	64	62	61	59	58	56	55	53	51	50
21.0	73	72	70	69	66	65	63	62	60	59	57	55	54	52	51	49
20.5	73	71	70	68	66	64	62	61	59	57	56	55	53	51	49	48
20.0	72	71	69	68	65	64	62	61	59	57	56	54	53	51	49	48
19.5	72	70	69	67	65	64	62	60	59	57	55	54	52	50	49	47
19.0	72	70	68	67	64	63	61	60	58	56	55	53	51	50	48	46
18.5	71	70	68	66	64	63	61	59	57	56	54	52	51	49	47	46
18.0	71	69	67	65	63	62	60	58	57	55	53	51	50	48	46	45
17.5	71	69	67	65	63	61	60	58	56	54	52	51	49	47	46	44
17.0	70	68	66	64	62	61	59	57	55	54	52	50	48	46	45	43
16.5	70	68	66	64	62	60	58	56	55	53	51	49	47	46	44	42
16.0	69	67	65	63	61	60	58	56	54	52	50	48	47	45	43	41
15.5	69	67	65	63	61	59	57	55	53	51	49	48	46	44	42	40
15.0	68	67	64	62	60	58	56	54	52	50	49	47	45	43	41	39

a. Bentuk-bentuk Presipitasi

Adanya awan tidak selalu dapat terjadi hujan. Terjadinya tetes air dengan butiran besar dari uap air melalui proses kondensasi menjadi tetes awan (cair atau padat) yang berlangsung di atmosfer dan kemudian jatuh di atas permukaan bumi sebagai curahan contoh hujan, hujan es dan salju. Sedangkan dari uap air melalui proses pengembunan yang terjadi dekat permukaan bumi akan terbentuk embun, embun beku dan kabut.

Hujan adalah salah satu bentuk presipitasi yang terpenting pada daerah tropis seperti di Indonesia. Selain itu juga bentuk- lain seperti embun, embun beku dan kabut, namun jumlahnya relatif kecil dan tidak terjadi pada semua tempat, sehingga dalam perhitungan neraca air biasanya diabaikan. Sedangkan hujan es, kadang-kadang terjadi di Indonesia namun pada waktu tempat tertentu.

b. Proses/Teori Terjadinya Presipitasi

Tetes-tetes awan ukurannya masih relatif kecil untuk jatuh sebagai curahan (umumnya kurang dari 100μm). Agar supaya jatuh sebagai curahan, perlu ditumbuhkan menjadi ukuran yang lebih besar (> 1000 μm) melalui 2 teori/proses yaitu Teori Bergeron dan Teori Penyatuan (Tumbukan) Findeisen.

c. Tipe Presipitasi

Berdasarkan mekanisme pengangkatan massa udara atau letak/kondisi terjadinya presipitasi dapat dibagi atas tiga yaitu :

1. Tipe Konvektif. Hujan tipe ini dihasilkan dari udara lembab yang naik sehingga mengalami proses pendinginan secara adiabatik. Udara ini naik akibat pemanasan oleh permukaan bumi, kemudian membentuk awan kumulus dan dapat berkembang menjadi awan Cumulonimbus. Jenis awan ini termasuk awan yang mampu menghasilkan hujan lebat disertai kilat dan guntur dan sering terdapat butir-butir es. Ada beberapa hal yang dapat diperhatikan dari tipe hujan ini yakni :

    a. Daerah cakupan tidak luas (20-50 km) sifatnya hujan local terjadi setelah pemanasan permukaan bumi atau lewat tengah hari.
    b. Hujannya singkat tetapi deras berkisar 30-45 menit dan sering disertai badai dan angin kencang
    c. Air hujan kebanyakan melimpas di permukaan tanah dan sedikit yang meresap dalam tanah, akibatnya kurang efektif untuk pertumbuhan tanaman, kemudian banyak menghanyutkan butir-butir tanah disebut erosi.
    d. Hujan ini terjadi pada daerah tropis dan subtropics pada musim panas.

    Tipe Orografik. Dihasilkan dari udara lembab yang naik didorong angin oleh adanya dataran tinggi atau pegunungan. Udara lembab yang didorong ke atas ini mengalami penurunan suhu secara cepat. Gerakan turbulensi udara dan hambatan sehingga mudah terjadinya kondensasi dan pembentukan awan yang kemudian terjadi hujan. Peristiwa ini sering terjadi pada lereng gunung yang menghadap arah angin. Kondisi atmosfer biasanya dalam keadaan instabil bersyarat, dan terbentuk jenis awan-awan stratus atau stratocumulus yang menghasilkan hujan lebih lama dan jangkauannya relatif lebih luas.

Pada lereng hadap angin makin tinggi tempat semakin tinggi curah hujannya sampai batas ketinggian tertentu seperti dikemukakan oleh Braak (1928) :

$$R = 1740 + 2.6.h$$

Dimana R = curah hujan rata-rata tahunan (mm);

h = altitude (m);

1740 = constanta curah hujan rata-rata tahunan di permukaan laut (mm).

Batas altitude 1200 m dan penyimpangan 10%, misalnya di Malino dengan altitude 1000 m akan diperoleh curah hujan rata-rata tahunan 3906-4774 mm. Sebaliknya pada lereng disebelahnya angin yang turun menelusuri lereng yang mempunyai ciri kering, panas dan kencang yang bersifat spesifik dan disebut angina-angin spesifik diberi nama sesuai lokasi kejadian. Misalnya angin brubu di Sulsel (Maros), angin Bohorok di Deli yang dapat merusak tanaman tembakau, angin Gending di Pasuruan dan angin Kumbang di Probolinggo. Tipe presipitasi ini terjadi baik daerah tropika maupun subtropika.

Tipe Gangguan. Merupakan tipe presipitasi yang terjadi akibat adanya gangguan-ganguan atmosfer yang terjadi didaerah front atau siklon. Tipe presipitasi ini dibagi atas dua jenis yakni

a. Tipe frontal. Merupakan tipe yang terjadi akibat adanya daerah front atau daerah pertemuan massa udara yang mempunyai sifat yang berbeda yaitu suhu, kerapatan dan kerapatan. Daerah ini merupakan pertemuan massa udara dari daerah beriklim panas (tropika) dan beriklim dingin (kutub) yang bertemu pada daerah lintang pertengahan atau beriklim sedang (subtropika). Udara panas

akan mendaki di atas udara dingin yang beratnya atau tekanannya lebih tinggi daripada udara panas. Pada lereng pendakian tersebut akan terjadi kondensasi menghasilkan awan tipe Altostratus, Altocumulus, dan ada kemungkinan awan cirrocumulus, cirrostratus serta nimbostratus yang menghasilkan hujan relatif tidak tinggi tetapi agak lama dan merata.

b. Tipe siklonik. Terjadi akibat adanya daerah siklon (daerah tekanannya lebih rendah daripada daerah sekitarnya) pada daerah tropis sebagai akibat tingginya suhu udara pada daerah tersebut. Sebagai akibatnya massa udara akan naik keatas karena kerapatannya kecil yang pada akhirnya akan menimbulkan daerah tekanan rendah di permukaan bumi yang dikenal sebagai daerah depresi atau daerah siklon.

Dengan demikian terjadilah pergerakan udara (angin) dari daerah sekitarnya yang akan menentukan gejala cuaca dan iklim yang akan terjadi pada daerah tersebut. Bila massa udara dari luar sarat dengan uap air maka kemungkinan gejala cuaca merupakan angin pusaran dengan kecepatan yang sangat tinggi dapat mencapai dapat mencapai di atas 300 km/jam yang dapat merusak secara fisik bangunan, vegetasi dan sebagainya. Dalam waktu yang sama atau bersamaan juga terjadi pengangkatan massa uap air secara besar-besaran, yang makin keatas semakin melebar sehingga ruang lingkupnya cukup luas yang akan menghasilkan awan-awan konvektif yang akan menghasilkan hujan dengan curah yang sangat tinggi dan berlangsung cukup lama (dapat mencapai diameter rata-rata 650 km) dan bahkan dapat mencapai di atas 1000 km seperti yang pernah terjadi di Cina pada lautan pasifik. Gejala cuaca ini biasanya diberi nama Hurricane, Willy-Willy di Australia, Buigio di Filipina, Taifun di Cina dan Jepang dan badai tropis di Indonesia.

d. Macam-Macam Presipitasi (Hujan)

Presipitasi (hujan) dapat digolongkan berdasarkan intensitasnya, jumlahnya perhari atau perjam dan ukuran butir.

1. Intensitas hujan (mm.menit-1). Berdasarkan intensitas hujan, maka hujan digolongkan atas 5 derajad hujan. Intensitas setiap derajad hujan dan aplikasinya dilapang disajikan pada Tabel.

Tabel 4. Derajat hujan berdasarkan intensitasnya dan aplikasinya di lapangan

No.	Derajad Hujan	Intensitas Hujan (mm/menit)	Aplikasi di lapangan
1	Hujan Sangat Lemah	< 0.02	Tanah agak basah atau sedikit dibasahi
2	Hujan lemah	0.02 – 0.05	Tanah sudah dibasahi di lapisan atas maupun dibawahnya
3	Hujan normal	0.05 – 0.25	Tanah sudah bisa dibuat melumpur terutama untukpersemaian basah pada padi dan bunyi hujan kedengaran
4	Hujan deras	0.25 – 1.00	Air tergenang dimana-mana pada permukaan yang rendah dan bunyi air kedengaran dari genangan
5	Hujan sangat deras	> 1.00	Hujan seperti ditumpahkan dari langit dan semua saluran masuk atau keluar meluap

Jumlah per hari(mm.hari 1). Berdasarkan jumlah curah hujan per hari, maka hujan digolongkan atas 5 keadaan curah hujan yaitu :

a. Hujan sangat ringan < 5
b. Hujan ringan 5 – 20
c. Hujan normal 20 – 50
d. Hujan lebat 50 – 100

e. Hujan sangat lebat > 100

e. Pengukuran Curah Hujan

Curah hujan ialah jumlah air yang jatuh pada permukaan tanah selama periode tertentu bila tidak terjadi penghilangan oleh proses evaporasi, pengaliran dan peresapan, yang diukur dalam satuan tinggi. Tinggi air hujan 1 mm berarti air hujan pada bidang seluas 1m2 berisi 1 liter atau : 100 x 100 x 0,1 = 1 liter. Unsur-unsur hujan yang harus diperhatikan dalam mempelajari curah hujan ialah: jumlah curah hujan, hari hujan dan intensitas atau kekuatan tetesan hujan.

Air yang jatuh di atas permukaan tanah yang datar dianggap sama tinggi. Volume air hujan pada luas permukaan tertentu dengan mudah dapat dihitung bila tingginya dapat diketahui. Maka langkah penting dalam pengukuran hujan ditujukan ke arah pengukuran tinggi yang representatif dari hujan yang jatuh selama jangka waktu tertentu. WMO menganjurkan penggunaan satuan millimeter sampai ketelitian 0,2 mm. Dalam bidang klimatologi pertanian dilakukan pencatatan hujan harian (jumlah curah hujan) setiap periode 24 jam dan jumlah hari hujan. Berdasarkan pengertian klimatologi, satu hari hujan ialah periode selama 24 jam terkumpul curah hujan setinggi 0,5 mm atau lebih. Apabila kurang dari ketentuan tersebut, maka hari hujan dianggap nol meskipun curah hujan tetap diperhitungkan.

f. Peralatan dan Cara Pengamatan

Alat pengukur hujan secara umum dinamakan penakar hujan. Pada penempatan yang baik, jumlah air hujan yang masuk ke dalam sebuah penakar hujan merupakan nilai yang mewakili untuk daerah di sekitarnya.

Kerapatan penempatan penakar di suatu daerah tidak sama, secara teori tergantung pada tipe hujan dan topografi daerah itu sendiri. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penempatan alat penakar hujan di ialah :

1. Penakar harus ditempatkan di suatu tempat yang terbuka, lintasan angin masih horizontal.
2. Penakar hujan tidak boleh terlalu dekat dengan penghalang. Sehubungan dengan hal ini WHO telah menetapkan jarak suatu pengahalang dari penakar paling dekat ialah empat kali tinggi penghalang.
3. Kerapatan suatu penakar, hal ini penting karena suatu alat penakar hujan masih dapat dipakai untuk luasan tertentu tergantung tipe wilayahnya. Misalnya untuk wilayah datar maka kisaran luas minimum yang diwakili oleh sebuah penakarhujan berkisar 600-900 km2, sedangkan untuk daerah pegunungan satu penakar hanya dapat mewakili luasan sekitar 100 km2.
4. Tinggi mulut penakar dari permukaan tanah, semakin dekat dengan permukaan tanah, maka kecepatan angin akan semakin berkurang. Jika mulut penakar semakin tinggi maka tiupan angin akan bertambah besar sehingga jumlah air yang tertampung akan semakin sedikit. Oleh karena itu perlu adanya tetapan tinggi tertentu untuk meminimalisir pengaruh gangguan– gangguan luar seperti angin dan percikan dari permukaan tanah.

Prinsip pengukuran hujan ialah mengukur tinggi air hujan yang jatuh pada permukaan horizontal seluas mulut penakarnya. Sebagai pengindera, mulut penakar harus terpasang horizontal. Mulut penakar harus berbentuk lingkaran yang kuat dan tajam terbuat dari logam tak berkarat seperti kuningan, agar diperoleh keseragaman arah tangkapan. Penakar tidak boleh bocor, untuk menghindari penguapan maka pemasukan air dari mulut ke dalam ruang penampung menggunakan pipa sempit. Seluruh

permukaan luar alat dicat warna putih warna metalik dan sambungan dinding luar dibuat lAndai dengan sudut 1350, dengan tujuan untuk mengurangi pengaruh pemanasan dari radiasi matahari.

Berdasarkan mekanismenya, penakar hujan dibagi dua golongan yaitu penakar hujan tipe kolektor dan penakar hujan tipe perekam (otomatis).

1. Penakar Hujan Tipe Kolektor. Penakar hujan tipe ini hanya dapat menunjukkan tinggi hujan yang terkumpul selama satu periode, tanpa diketahui perkembangan yang terjadi selama peristiwa hujan berlangsung. Umumnya dilakukan pengukuran hujan selama 24 jam yang dilaksanakan setiap pagi.
2. Penakar Hujan Observatorium. Jenis penakar ini merupakan yang umum digunakan ialah tipe Ombrometer (tipe Observatorium). Penakar ini paling banyak digunakan di stasiun klimatologi, yang terdiri dari corong (mulut penampung air hujan), yang luasnya 100 cm2 dengan garis tengah luarnya ialah 11,3 cm. Bagian dasar dari corong tersebut terdiri dari pipa sempit yang menjulur ke dalam tabung kolektor dan dilengkapi dengan kran. Air yang ditampung dalam tabung kolektor dapat diketahui bila kran dibuka kemudian air diukur dengan gelas ukur. Ada gelas ukur yang mempunyai skala khusus, yaitu langsung dapat menunjukkan jumlahcurah hujan yang terjadi, tetapi apabila menggunakan gelas ukur biasa, maka setiap 10 cm3 setara dengan curah hujan sebesar 1 mm.
3. Penakar Hujan Tipe Rekaman (otomatis). Penakar hujan tipe ini dilengkapi dengan sistem perekam data yang mengukur curah hujan secara otomatis. Jumlah hujan maupun perkembangan hujan selama satu periode dapat diketahui dari grafik. Golongan penakar hujan ini sering disebut Recording Rain Gauge atau Pluvlograf atau ombrograf. Alat ini lebih lengkap dan lebih teliti karena disamping dapat mencatat jumlah curah hujan, dapat pula diketahui jumlah hari hujan serta

lamanya hujan dalam satu hari, karena pada kertas pias sudah tercantum jumlah dan waktu hujan (jam atau hari). Kertas pias diganti setiap minggu sekali.

Ada beberapa prinsip pada penakar tipe rekaman :

a. Prinsip Timbangan contohnya pada penakar type Bandix
b. Prinsip Pelampung, contohnya pada penakar type Hellman
c. Prinsip Bejana Berjungkat, contohnya pada penakar type Tipping Bucket
d. Disamping itu terdapat pula penakar hujan dan intensitas hujan berperekam data, contohnya penakar intensitas hujan type Jardi.

a. Pendahuluan

Tekanan pada suatu bidang adalah tekanan yang dialami oleh suatu bidang yang disebabkan oleh gaya yang bekerja pada bidang tersebut. Makin besar gaya yang bekerja pada bidang tersebut semakin besar tekanan yang diakibatkan. Bagi tekanan udara, maka berfungsi sebagai gaya adalah berat udara pada suatu bidang sampai puncak atmosfer. Tekanan bidang/ketingian adalah tekanan yang dialami oleh bidang/ketinggian tersebut sebagai akibat berat (kolom) udara di atasnya.

Oleh karena tekanan udara berbeda menurut ketinggian tempat (altitude) dan lintang, maka sebagai stAndar digunakan permukaan laut dan lintang 45 derajat BBU dan disebut tekanan udara normal. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa untuk tekanan udara normal adalah sama dengan berat udara 14,7 lb yang bekerja pada bidang seluas satu inci kuadrat atau 760 mm Hg atau disebut juga satu atmosfer. Satuan lain tekanan udara juga sering digunakan adalah satuan bar atau millibar, dimana satu bar =103 mb = 106dyne/cm- 2. Oleh karena itu satu atmosfer dalah 1.013 x 106dyne.cm- 2 maka satu atmosfer sama dengan 1.0132 bar.

Pengaruh langsung tekanan udara terhadap kehidupan di permukaan bumi adalah kecil. Perubahan tekanan udara lebih berpengaruh terhadap pergerakan massa udara atau angin. Karena tekanan udara merupakan pengendali terhadap angin dan selanjutnya angin merupakan pengendali langsung terhadap penguapan, suhu dan curah hujan yang cukup berperan tehadap kehidupan di permukaan bumi, maka tekanan udara tidak langsung juga cukup berperan terhadap kehidupan dipermukaan bumi. Perbedaan tekanan udara yang besar antara dua tempat yang berjarak berdekatan (3 km) akan menimbulkan angin yang kencang.

b. Tipe dan Sistem Tekanan Udara

Sistem-sistem tekanan udara sangat bervariasi dalam ukuran dan lamanya. Tipe-tipe sistem tekanan udara yang penting adalah:

1. Sistem tekanan (udara) rendah atau juga disebut siklon atau depresi atau low, daerah ini mempunyai tekanan udara yang lebih rendah daripada tekanan udara daerah sekitarnya. Jika daerah tekanan ini memanjang maka disebut Palung (throught).
2. Sistem tekanan (udara) tinggi atau juga disebut antisiklon atau high, daerah ini mempunyai tekanan udara lebih tinggi daripada daerah di sekitarnya. Jika daerah tekanan ini memanjang maka disebut ridge atau weige. Contoh-contoh sistem tekanan udara yang disebabkan oleh perubahan suhu permukaan bumi adalah akibat perubahan insolasi yang berbeda menurut lintang dan waktu/musim. Misalnya pada musim dingin yang terjadi di Asia dan Amerika Utara, Asia Tengah, dan India bagian Utara akan menyebabkan sistem tekanan udara tinggi di wilayah tersebut. Tempat-tempat yang mempunyai tekanan udara yang sama biasanya dihubungkan dengan suatu garis di peta yang disebut isobar.

c. Penyebaran Tekanan Udara

Seperti halnya suhu udara, tekanan udara juga bebeda menurut ketinggian tempat (altitude) dan lintang. Oleh karenanya dikenal penyebaran tekanan udara secara vertikal dan horizontal.

a. Penyebran secara vertical : bahwa tekanan udara pada suhu bidang/ketinggian adalah tekanan yang disebabkan oleh berat udara bidang atau ketinggian tersebut. Makin tinggi tempat sebaliknya semakin ringan udara, sehingga semakin rendah tekanannya. Bertambah ringannya udara tersebut bukan hanya disebabkan oleh semakin pendeknya kolom udara sampai puncak atmosfer, Tetapi juga karena semakin renggangnya udara. Berdasarkan pengukuran

menunjukkan bahwa tiap naik 100 m akan turun tekanan udaranya setinggi 11 mb. Untuk jelasnya tekanan udara pada pelbagai ketinggian/altitude disajikan pada tabel 6.

Tabel 5. Tekanan dan Suhu Udara pada Pelbagai Ketinggian

Ketinggian/altitude(kaki)	Tekanan Udara		Suhu Udara(oC)
	In Hg	(mb)	
70.000	1.3	44.0	-55,2
50.000	3.4	115,1	-56,5
35.000	7.1	137,0	-54,0
18.000	14,9	506,0	-20,4
10.000	20,6	679,5	4,8
5000	24,9	843,1	5,1
Permukaan laut (0)	29,92	1.013,2	15,0

b. Penyebaran secara Horizontal ; perbedaan/perubahan tekanan udara secara horizontal disebabkan oleh perbedaan, lintang yang mengakibatkan terjadinya perbedaan suhu dan selanjutnya akan mengakibatkan perbedaan tekanan udara. Untuk daerah yang beriklim subtropika atau kutub, variasi tekanan udara menurut lintang sangat menentukan perubahan cuaca/iklim di daerah tersebut. Tetapi bagi daerah yang beriklim tropika, variasi tekanan udara menurut lintang relatif kecil, sehingga jarang menimbulkan gejala-gejala yang berarti bagi pertanian. Mungkin karena itulah sebabnya pengukuran tekanan udara di Stasiun Klimatologi Pertanian jarang sekali dilakukan.

d. Angin/Pergerakan Udara

Adanya perbedaan tekanan udara akan mengakibatkan terjadinya pergerakan udara yang arahnya secara vertical atau horizontal. Pergerakan udara secara horizontal atau hampir horizontal disebut angin,sedangkan secara vertical (keatas atau kebawah) disebut arus udara.

1. Pemindah kalor : baik dalam bentuk yang dapat dirasakan (sensible heat) maupun akan membuat seimbang neraca radiasi antara lintang rendah dan lintang tinggi.
2. Pemindahan Uap air ; yang dievaporasikan di daerah perairan (terutama laut) akan dipindahkan ke daratan dengan perantaraan angin. Uap air yang dipindahkan sebagian besar dikondensasikan dan kemudian terbentuk awan, selanjutnya bila memenuhi syarat akhir akan turun kembali sebagai hujan, hujan es, atau salju untuk memenuhi kebutuhan air dari berbagaikeperluan.

Angin mempunyai asal usul yang kompleks atau rumit. Pada umumnya yang menjadi penyebab langsung adalah terjadinya perbedaan tekanan udara horizontal. Tetapi, sumber energi utamanya diperoleh dari perbedaan pemanasan dan pendinginan yang terjadi pada lintang-lintang rendah dan tinggi. Sumber energi ini digunakan untuk membentuk angin dan mempertahankan kecepatannya terhadap rintangan yang timbul akibat adanya gesekan dengan permukaan. Oleh sebab itu, angin mempunyai pola senantiasa berpindah-pindah dengan perubahan lebih kurang seirama atau sejajar dengan perpindahan termal ekuator.

e. Sistem Pergerakan Udara

Berdasarkan skalanya, maka sistem pergerakan udara/angin dapat dibedakan atas pergerakan udara secara umum/sirkilasi angin dunia, pergerakan udara secara lokal, dan, pergerakan udara/angin secara khusus/spesifik.

1. Pergerakan udara secara umum. Pergerakan udara ini disebabkan oleh karena adanya tekanan udara yang sangat mencolok antara daerah kutub dengan daerah ekuator, seandainya pergerakan tesebut hanya dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara antara kutub (high pressure zone) dengan ekuator (low pressure zone), maka pergerakan tersebut hanya merupakan satu siklus pergerakan. Tetapi kerena pengaruh berbagai faktor, yaitu fisiografi lahan (terutama altitude), efek coriolis akibat rotasi bumi, dan keadaan parallelism (kemiringan sumbu) bumi, maka pergerakan udara ini didukung oleh tiga subsistem pergerakan udara. Secara berturut-turut mulai daerah ekuator sampai kutub adalah Hadley Cell, Ferrel Cell, Polar Cell.
2. Pergerakan udara lokal.

    a. Angin darat dan angin lokal, merupakan salah satu akibat nyata yang ditimbulkan oleh sifat pemanasan yang berbeda antara daratan dengan lautan yang mengakibatkan terjadinya angin darat dan angin laut. Angin ini bertiup pada arah yang berlawanan dari lautan ke daratan (angin laut) di siang hari dan dari daratan ke lautan (angin darat) bertiup pada malam hari. Angin-angin ini terbentuk dengan baik jika kecepatan angin-angin lainnya masih dalam kategori lemah dan terdapat insolasi kuat untuk memaksimumkan perbedaan pemanasan antara daratan dan lautan. Biasanya angin laut yang bertiup di siang hari lebih kuat dan masih terasa pada jarak 50 km kedarat (pedalaman). Pembentukan angin laut maksimum 75 hingg 225 meter di atas permukaan laut dan bermula pada jam 10.30 WS, kecepatannya meningkat mencapai > 12 knot (6.2 m.det- 1) dan menurun berakhir pada jam 20.00 WS.
    b. Angin gunung dan angin lembah : seperti halnya angin darat dan angin laut, angin gunung dan angin lembah mempunyai periodisitas nyata sepanjang suatu hari. Angin permukaan yang bertiup di siang

hari terbagi dalam dua bagian yaitu angin ternal yang menarik lereng dan angin lembah. Angin ternal yang menaiki lereng terjadi akibat adanya pemanasan secara langsung karena lebih terbuka terhadap sinar surya. Udara yang lebih ringan akan naik menelusuri lereng dan disebut angin ternal. Saat setelah terjadinya angin ternal akan segera disusul angin dari lembah dan disebut angin lembah. Angin lembah sering menyebabkan terbentuknya awan cumulus di siang hari di puncak –puncak lereng terutama pada lembah-lembah yang luas dan dalam. Angin lembah pada umumnya bertiup mulai pukul 09.00 WS sampai terbenamnya surya. Kemudian digantikan oleh angin dari puncak gunung menelusuri lereng menuju lembah dan disebut angin gunung yang bertiup pada malam hari.

f. Pengukuran Tekanan Udara

Tekanan udara di suatu tempat merupakan gaya yang diberikan oleh udara atmosfer pada setiap luasan tertentu atau berat udara per satuan luas. Besarnya berat udara dipengaruhi oleh kerapatan atau kepadatan udara itu sendiri. Semakin tinggi suatu tempat, maka tekanan udara semakin berkurang. Tekanan udara di atas permukaan laut dikatakan sebagai tekanan normal. Gaya yang diberikan oleh udara seluas 1 cm2 di permukaan laut diperkirakan sebesar 1 kg. Besarnya gaya tersebut ekuivalen dengan tekanan yang diberikan oleh kolom air raksa setinggi 76 cm pada suhu 0^0C, sehingga besarnya adalah 76 cm x 13,6 gr.cm $^{-2}$ = 1033 gr.cm^{-2}. Dalam setiap 1 gram massa sebesar 1033 gr.cm-2, jika 1 milibar = 1000 dine.cm-2 atau sebesar 1012,96 milibar (mb). Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan udara ialah barometer.

Terdapat dua macam barometer yaitu:

1. Barometer air Raksa Torecelli. Barometer air raksa terdiri atas air raksa dan tabung gelas berskala yang memiliki ketelitian tinggi, yang disebut dengan skala Vernier. Terjadinya perubahan tekanan udara dapat dipantau dengan naik turunnya air raksa di dalam tabung verneir. Dalam keadaan tekanan udara normal tinggi kolom air raksa dalam tabung berskala vernier dengan luas penampang 6,45 cm2 menunjukkan angka 76 cm atau satu atmosfer (1 atm).Tipe barometer air raksa tersebut sudah tidak banyak dipergunakan, karena banyaknya faktor koreski yang harus dimasukkan agar didapatkan hasil pembacaan yang teliti. Faktor koreksi tersebut ialah koreksi suhu, indeks, dan gravitasi.
2. Barometer Logam "Aneroid". Barometer logam biasanya dipakai sebagai barograf (alat yang dapat menunjukkan angka tekanan udara secara otomatis). Di dalam alat ini terdapat pegas atau per yang peka terhadap perubahan tekanan udara. Perubahan tekanan udara di atmosfer dapat dipantau oleh perubahan ketegangan pegas, selanjutnya dihubungkan dengan jarum yang bergerak bebas, yang menunjukkan angka tekanan udara tertentu. Barometer logam ini ternyata banyak digunakandari pada barometer air raksa, karena komposisi dan penggunaannya sangat mudah.

   Seringkali alat pengukur tekanan udara (barometer), terutama barometer logam dikaitkan dengan alat pengukur ketinggian tempat yang dikenal dengan sebutan Altimeter, sehingga menjadi satu kesatuan. Penggabungan dua macam alat ini memudahkan pengamatan berapa milibar tekanan udara pada posisi ketinggian yang telah ditunjukkan oleh alat tersebut. Sehingga alat ini seringkali dipakai dalam perjalanan pendakian gunung maupun di dalam pesawat terbang. Sebelum alat tersebut digunakan terlebih dahulu mencocokkan ketinggian tempat (meter) dari permukaan laut pada titik Triagulasi (

titik yang menunjukkan ketinggian tempat suatu tempat tertentu), misalnya di stasiun meteorologi atau klimatologi maupun di stasiun kereta api. Dengan demikian akan dapat didapatkan hasil pengukuran lebih akurat dan teliti.

UNSUR CUACA – EVAPORASI (PENGUAPAN)

a. Pendahuluan

Evapotranspirasi berasal dari kata evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah laju penguapan, sedangkan penguapan adalah proses perubahan fase dari cair atau es menjadi uap (uap air). Jadi evaporasi adalah laju hilangnya air dari permukaan air, tanah, atau tumbuhan dalam bentuk uap air kelapisan atasnya (atmosfer). Dalam prosesnya dialam, penguapan merupakan resultante jumlah uap air yang meninggalkan dan kembali kepermukaan bumi. Karenanya sangat ditentukan oleh perbedaan tekanan uap antara bidang yang menguapkan dan lapisan udara di atasnya. Sedangkan perbedaan ini sangat ditentukan oleh keadaan suhu dan kelembaban udara serta kecepatan angin yang dapat memindahkan akumulasi uap air yang terjadi dilapisan tersebut. Tetapi karena proses penguapan itu sendiri memerlukan energi, maka energi yang diterima di permukaan yang menguapkan air sangat menentukan. Energi ini diperoleh dari surya dalam bentuk radiasi gelombang pendek.

Evaporasi pada permukaan tanah, selain ditentukan oleh faktor-faktor cuaca/iklim, juga ditentukan oleh faktor tanah (yakni sifat fisik tanah yang sangat menentukan jumlah air yang dapat diuapkan). Pada saat tanah mencapai nilai kapasitas lapang atau di atasnya, evaporasi permukaan tanah akan sama atau hampir sama dengan permukaan air bebas. Tetapi keadaan sebaliknya akan terjadi bila kandungan air tanah dibawah nilai kapasitas lapang terutama pada lapisan atas. Karena laju kenaikan air pada lapisan bawah melalui pipa kapiler tidak dapat mengimbangi laju penguapan yang terjadi sehingga terjadi pergeseran bidang penguapan ke bawah. Pergeseran ini mengakibatkan lintasan difusi uap kepermukaan menjadi besar atau aliran uap kepermukaan tanah menjadi terhambat

sehingga tekanan uap pada permukaan tanah menjadi kecil dibanding dengan tekanan uap jenuh. Tetapi bila air yang diuapkan berasal dari bukan air murni (misalnya air laut) maka selain ditentukan oleh faktor-faktor di atas juga ditentukan oleh sifat fisik dan kimia cairan sendiri.

Jika pada suatu permukaan tanah atau air ditumbuhi tumbuhan atau tanaman dimana hilangnya air melalui proses penguapan (evaporasi) dan transpirasi oleh tumbuhan atau tanaman berlangsung secara bersama dan serentakdan sulit dipisahkan antara satu sama lain, maka timbullah pengertian evapotranspirasi. Jadi evapotranspirasi adalah jumlah kehilangan air sebagai evaporasi dari semua permukaan (tanah, air, tanaman atau tumbuhan) dan transpirasi oleh tumbuhan/tanaman. Jumlahnya selain ditentukan oleh faktor iklim dan sifat fisik tanah, juga ditentukan oleh tipe dan kedalaman perakaran tanamAndan praktek pengelolaan tanah, khususnya pada pertanian lahan kering.Tetapi pada lahan sawah, juga dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia air sawah.

Bila kandungan air tanah terbatas, maka besarnya evapotranspirasi bergantung pada tegangan air tanah. Besarnya tegangan ini dipengaruhi oleh tekstur, struktur dan kadar air tanah. Menurut Thornthwaite (1948), evapotranpirasi yang berlangsung pada keadaan kandungan air tanah kurang dari tingkat kapasitas lapang dinamakan evapotranspirasi actual (AE). Blaney dan Criddle (1962) menyebut sebagai penggunaan air konsumtif. Sedangkan apabila kandungan air tanah cukup sehingga pertumbuhan tanaman tidak tertekan, maka evapotranspirasi akan mencapai nilai maksimum dan merupakan tingkat potensial dari penguapan untuk nilai unsur-unsur iklim pada saat tersebut. Dalam keadaan demikian laju evapotranspirasi hanya dipengaruhi oleh faktor cuaca/iklim. Untuk evapotranpirasi dalam keadaan potensial ini terdapat beberapa definisi : misalnya WMO (1963) disebut evapotranspirasi potensial (PE), adalah jumlah air yang diuapkan dari permukaan tanah dan

permukaan tumbuh-tumbuhan, bila kandungan air tanah mencapai kapasitas lapang.

b. Kelembaban Tanah dan Evapotranspirasi

Kandungan air tanah (juga disebut lengas tanah) merupakan faktor fisik tanah yang paling menentukan nilai evapotranspirasi aktual. Dengan menurunnya tingkat ketersediaan air tanah, maka diharapkan juga terjadi penurunan nilai evapotranspirasi aktual (AE) dari nilai potensialnya (PE). Bentuk-bentuk pola penurunan ini pada umumnya berbeda diantara kelompok peneliti seperti diperlihatkan pada gambar 8.1. Thornthwaite dam Mather berpendapat bahwa penurunan nilai AE dari PE merupakan fungsi linier dengan menurunnya kandungan air tanah pada batas air tersedia. Tetapi Veihmeyer dan Hendrikson,menyatakan penurunan tersebut baru terjadi dekat titik layu permanen dan penurunannya sangat drastis. Sedangkan pendapat Pierce dan para ahli lainnya merupakan kombinasi dari kedua pendapat tadi, yakni penurunan secara eksponensial.

c. Cara Penetapan Evapotranspirasi

Nilai evapotranspirasi permukaan air bebas (Eo) dan evapotranspirasi actual (AE) serta evapotranspirasi potensial (PE) dapat ditentukan secara langsung dan tidak langsung. Penetapan secara tidak langsung dapat ditentukan dengan melalui rumus pendugaan, misalnya cara pendugaan oleh Thornthwaite dan Blaney & Criddle. Kedua cara tersebut menggunakan pendekatan empirik. Dari hasil penelitian di Amerika Serikat, maka diperoleh rumus pendugaan PE yang diduga hanya data suhu udara saja. Selanjutnya dilakukan koreksi terhadap panjang hari pada setiap tempat berdasarkan letak lintang dan waktu.Sedangkan penetapan secara

langsung dilakukan dengan menggunakan alat, yaitu dengan alat evaporimeter dan lisimeter.

Gambar 19. Alat Pengukur Evapotranspirasi dan Menghitung Neraca Air

Teori Neraca Air

Jumlah air hujan atau air irigasi dapat diketahui dalam satuan mm, demikian juga yang merembes (perkolasi) melalui kran di bagian bawah lisimeter. Air yang tidak terukur ialah air yang hilang melalui evaporasi dari permukaan tanah dan transpirasi melalui mulut daun. Melalui perhitungan neraca air jumlah evapotranspirasi dapat diketahui :

H + I = S + P + ET

Ket : H = Jumlah curah huj an

I = jumlah air irigasi atau siraman

S = jumlah air yang ditahan oleh tanah

P = jumlah air rembesan atau perkolasi

ET = jumlah air evapotranspirasi

Bila Suhu udara terus-menerus dalam kapasitas lapang maka evapotranspirasi yang terjadi maksimum atau evapotranspirasi potensial (ETP). Bila S tidak pada kapasitas lapang maka evapotranspirasi yang terjadi adalah evapotranspirasi aktual.

Evaporasi diukur dengan panci klas A dimana tinggi air dalam bejana diukur dengan micrometer pancing, setelah sehari semalam diukur kembali. Penyusutan muka air sama dengan jumlah air yang dievaporasikan melalui persamaan :

Eo = (Po – P 1) + H

Keterangan : Eo : jumlah air yang dievaporasikan;

Po : tinggi awal mukaair dalam panci;

P1 : tinggi akhir muka air dalam panci;

H :curah hujan.

Hubungan antara Eo dan ETP dapat diteliti melalui percobaan panci klas A dan lisimeter pada suatu lokasi yang sama. Beberapa hasil penelitian mendapatkan hubungan : ETP = f Eo (f nilai pembanding besarnya antara 0.7-0.8), melalui hubungan ini dapat diduga jumlah ETP yang terjadi melalui data Eo dari panci klas A. Nilai Eo umumnya lebih besar dari ETP karena evaporasi terjadi setiap saat, sedangkan ETP hanya pada siang hari saat terjadi proses fotosintesis pada waktu mulut daun terbuka.

KLASIFIKASI IKLIM

a. Pendahuluan

Umumnya dalam bidang ilmu pengetahuan sering diadakan suatu pengelompokan dalam group, kelas atau tipe. Proses pengelompokan ini disebut klasifikasi. Demikian juga dalam bidang klimatologi dikenal adanya klasifikasi ini, yaitu pengelompokan yang didasarkan pada persamaan sifat dari satu atau lebih unsur iklim. Berdasarkan sifat-sifat dari satu atau lebih unsur iklim atau dari satu atau lebih pengendali iklim, maka terbentuklah tipe iklim. Klasifikasi iklim yang didasarkan pada unsur iklim disebut klasifikasi secara empirik (hasil pengamatan yang teratur terhadap unsure-unsur iklim) yang akan menghasilkan areal jangkauan yang lebih sempit tetapi hasil penetapannya lebih teliti, sedangkan didasarkan pada faktor-faktor iklim penyebab seperti pengendali iklim (aliran massa udara, zona-zona angin, benua dan lautan atau perbedaan penerimaan radiasi surya) disebut klasifikasi secara genetik yang akan menghasilkan area jangkauan yang lebih luas tetapi hasil penetapannya kurang teliti.

b. Klasifikasi Secara Genetik

Klasifikasi Iklim berdasarkan penerimaan radiasi surya

Pengendali iklim yang umum digunakan sebagai dasar penetapan dalam klasifikasi secara genetik adalah lintang dan massa udara. Berdasarkan lintang, maka dunia dibagi atas 3 daerah iklim,yaitu

1. daerah beriklim tropika (panas) (23 1/2^{o} L.Us/d 23 1/20 L.S),
2. daerah beriklim sub tropika (sedang)(23 1/2^{o} LU s/d 661/2^{o}L.U dan 23 1/2^{o} s/d 66 1/2^{o} L.S), dan

3. daerah beriklim kutub (dingin) (66 1/2o s/d 900 L.U dan 66 1/2o s/d 900 L.S). Lintang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pancaran surya (insolasi) yang bervariasi dalam setahun. Variasi insolasi dalam setahun ini akan menyebabkan variasi suhu udara dalam setahun. Sehingga untuk daerah beriklim subtropika atau daerah lintang tengah, dikenal adanya musim panas (summer) musim gugur (autum), musim dingin (winter), dan musim semi (spring).

c. Klasifikasi Iklim Berdasarkan Asal Massa Udara

Berdasarkan massa udara, maka dikenal ada tiga daerah iklim, yaitu

1. daerah hujan, yaitu daerah yang hampir sepanjang tahun dipengaruhi oleh massa udara maritim,
2. daerah hujan musiman, yaitu daerah yang dalam suatu periode dipengaruhi oleh massa udara maritim dan periode lainnya dipengaruhi oleh massa udara benua,
3. daerah kering, yaitu daerah hampir sepanjang tahun dipengaruhi oleh massa udara benua.

d. Klasifikasi Iklim Berdasarkan Sirkulasi Udara

Dasar penentuan sistem klasifikasi ini adalah pada sirkulasi udara yang dapat dihubungkan dengan iklim wilayah sesuai dengan regime (zona) angin atau massa udara.Pada tahun 1931 Hettner membuat sistem klasifikasi yang mendasarkan pada sistem angin, benua, jumlah dan lamanya hujan, posisi relatif terhadap lautan dan ketinggian tempat di permukaan laut. Kemudian Alissov tahun 1936 membuat klasifikasi dengan Kriteria sirkulasi massa udara secara umum. Pada tahun 1950 Flohn mengusulkan suatu sistem klasifikasi yang memadai dengan menggunakan criteria berdasarkan aliran angin global dan karakteristik hujan

e. Klasifikasi Secara Empirik

Klasifikasi iklim secara empirik pada umumnya didasarkan pada unsur iklim suhu dan curah hujan bulanan. Namun kriteria yang digunakan pada setiap pembuat klasifikasi berbeda. Secara umum digolongkan atas dua macam,yaitu pertama didasarkan pada pertumbuhan vegetasi dan didasarkan pada anggaran air secara rasional. Bila didasarkan pada pertumbuhan vegetasi, maka dikenal ada beberapa sistem klasifikasi, antara lain menurut KÖppen (1991), Thornthwaite (1931), Mohr (1933), Schmidt-Ferguson (1956) dan Oldeman (1975- 1980). Tetapi bila didasarkan pada anggaran air secara rasional, maka dikenal ada beberapa sistem klasifikasi, antara lain menurut Thornthwaite II (1948) dan Budyko.

4. Sistem Klasifikasi Menurut Mohr. Sistem klasifikasi ini dibuat berdasarkan hasil penelitian Mohr tentang hubungan antara curah hujan bulanan (R) dengan evaporasi bulan (V) dalam satuan mm, dengan bentuk hubungan :

   $V=C + f.R$ (9.1)

   Dimana C = tetapan yang bernilai 60 dan f = 1/8 untuk Bogor. Berdasarkan hubungan tersebut di atas, meskipun hasil penelitian Mohr hanya berlangsung selama setahun, maka macam bulan dibagi atas 3 kriteria berdasarkan basah keringnya bulan tersebut sebagai berikut:

   Bulan Kering (BK) adalah bulan dengan curah hujan rata-rata < 60 mm

   Bulan lembab (BL) adalah bulan curah hujan rata-rata 60-100 mm

   Bulan Basah (BB) adalah bulan dengan curah hujan rata-rata >100 mm

   Curah hujan rata-rata bulan diperoleh dari data histories curah hujan tiap bulan dari tiap tahun dan kemudian dirata-ratakan selama periode

minimal 10 tahun pengamatan. Dengan berdasarkan jumlah BK dan BB, maka Mohr menetapkan 5 golongan iklim seperti tertera pada table 9.2

Table 7 Golongan /Tipe iklim mernurut Sistem Klasifikasi Mohr

Golongan/ Tipe Iklim	Jumlah Bulan	
	Bulan Kering	Bulan Basah
Ia	0	12
Ib	0	6-11
II	1-2	4-11
III	2-4	4-9
IV	4-6	4-7
V	6-8	2-5

Sistem Klasifikasi menurut Schmidt–Ferguson. SK ini sangat dikenal di Indonesia, seperti halnya SK Mohr. Penetapan tipe iklim menurut SK ini juga didasarkan pada curah hujan bulanan paling sedikit 10 tahun pengamatan. Tetapi dalam penetapan kriteria macam bulan tidak didasarkan pada nilai curah hujan rata-rata bulanan, namun didasarkan pada curah hujan tiap bulan dari setiap tahun dengan kriteria sebagai berikut; Bulan Kering (BK), adalah bulan dengan curah hujan < 60 mm; Bulan Lembab (BL), adalah bulan dengan curah hujan 60- 100 mm; Bulan Basah (BB), adalah bulan dengan curah hujan > 100mm

Menurut Schmidt-Ferguson, penentuan BK dan BB dengan berdasarkan harga rata-rata curah hujan dari suatu bulan selama satu periode panjang menurut Mohr, belum tentu menunjukkan/mencerminkan sifat basah atau keringnya bulan tersebut. Misalnya suatu tempat mempunyai curah hujan rata-rata dari bulan Januari setinggi 101 mm dalam periode pengamatan 10 tahun. Dengan kriteria yang digunakan

oleh Mohr, maka dinyatakan bahwa, bulan januari pada tahun tersebut bulan basah. Tetapi bila diteliti penyebarannya, curah hujan bulan januari dari tahun ke tahun selama periode tersebut terdapat nilai curah hujan <100 mm (BL) dan bahkan < 60 mm (BK).

Ditinjau dari kepentingan manusia dalam menggunakan air hujan sebagai bahan baku yang sangat penting, misalnya untuk pengairan, pertanaman, air minum dan sebagainya, maka sistem perhitungan demikian diubah oleh Schmidt-Ferguson.

Setelah ditentukan kriteria macam bulan dari masing-masing bulan selama satu tahun untuk beberapa tahun (paling sedikit 10 tahun), maka masing-masing bulan ditentukan jumlah BK dan BB, kemudian ditentukan jumlah rata-rata BK dan BB beberapa tahun, untuk menentukan nilai Q dengan melalui hubungan :

Q = Jumlah BK/Jumlah bulan basah x 100 %

Berdasarkan nilai Q tersebut, Schmidt-Ferguson menetapkan 8 tipe iklim (disebut tipe hujan) dengan kriteria sebagai berikut:

Tipe Hujan A : 0 % = Q< 14,3%
Tipe Hujan B : 14,3 % = Q< 33,3 %
Tipe Hujan C : 33,3 % = Q< 60,0%
Tipe Hujan D : 60,0 % = Q< 100,0%
Tipe Hujan E : 100,0 % = Q< 167,0%
Tipe Hujan F : 167,0 % = Q< 300,0%
Tipe Hujan G : 300,0% = Q< 700,0%
Tipe Hujan H : = Q> 700,0%

Tipe-tipe hujan di atas mempunyai ciri vegetasi tertentu seperti berikut :

Tipe A ; daerah sangat basah dengan ciri vegetasi hutan hujan tropika

Tipe B ; daerah dengan ciri vegetasi hutan hujan tropika

Tipe C ; daerah agak basah dengan ciri vegetasi hutan rimba, diantara jenis vegetasi yang gugur daunnya pada musim kemarau, diantaranya jati.

Tipe D ; daerah sedang dengan ciri vegetasi hutan sabana

Tipe E ; daerah agak kering dengan ciri vegatasi hutan sabana

Tipe F ; daerah kering dengan ciri vegetasi hutan sabana

Tipe G ; daerah sangat kering dengan ciri vegetasi padang ilalang

Tipe H ; daerah ekstrim kering dengan ciri vegetasi padang ilalang.

5. Sistem Klasifikasi menurut Oldeman

Sistem klasifikasi Oldeman hanya didasarkan pada data curah hujan rata-rata bulanan selama periode paling sedikit 10 tahun, seperti yang digunakan Morh. Namun tinggi curah hujan yang digunakan sebagai kriteria dalam menetapkan macam bulan (bulan kering, bulan lembab dab bulan basah) adalah berbeda. Nilai curah hujan yang digunakan Oldeman didasarkan pada :

a. Kebutuhan air tanaman padi sawah dan palawija, secara berturut-turut 145 mm pada musim hujan dan 50 mm pada musim kemarau masing-masing untuk satu bulan.
b. Peluang curah hujan melampaui 75 % adalah sama dengan 0,82 kali curah hujan rata-rata bulanan dikurang 30.
c. Curah hujan efektif secara berturut-turut untuk padi sawah dan palawija adalah 100% dan 75% pada saat kanopi tanaman menutup tanah secara sempurna.

Dengan berdasarkan ketentuan-ketentuan di atas, maka kriteria tinggi curah hujan rata-rata yang digunakan macam bulan adalah seperti berikut:

a. Bulan Kering (BK); adalah bulan dengan curah hujan rata-rata > 200 mm
b. Bulan Lembab (BB) ; adalah bulan dengan curah hujan rata-rata 100-200 mm
c. Bulan Basah (BB) ; adalah bulan dengan curah huja rata-rata >200mm

Oldeman dalam menentukan tipe iklimnya didasarkan pada jumlah BB dan BK secara berturut-turut yang disebut tipe utama dan sub tipe. Tipe utama dibagi atas 5 macam yang disimbolkan dengan huruf balok (yaitu tipe utama A, B, C, D, dan E). Sedangkan sub tipe dibagi atas 4 macam, yang disimbolkan dengan angka 1, 2, 3, dan 4 merupakan angka indeks setiap tipe utama. Namun tiap tipe utama mempunyai jumlah sub tipe yang berbeda. Untuk tipe utama A, 2 subtipe, B mempunyai 3 subtipe, sedangkan tipe utama C,D dan E masing-masing mempunyai 4 subtipe. Dengan demikian diperoleh 17 tipe iklim (Oldeman menyebutkan tipe iklim pertanian). Adapun jumlah BB dari masing-masing tipe utama dan jumlah BK dari masing-masimg subtipe seperti pada table 8.

Tabel 6. Penetapan Tipe Iklim Pertanian menurut Oldeman (Berdasarkan jumlah BB dan BK Berturut-turut)

Tipe Utama	Jumlah BB berturut-turut (bulan)	Sub-tipe	Jumlah BK berturut-turut (Bulan)
A	>9	1	<2
B	7-9	2	2-3
C	5-6	3	4-6
D	3-4	4	>6
E	<3		

Implikasi tiap tipe iklim pertanian dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 7. Implikasi Tiap Tipe Iklim Pertanian

Tipe Iklim	**Kejadian dilapang**
A1, A2	Sesuai untuk padi terus menerus tetapi hasil produksi kurang karena pada umumnya kerapatan fluks radiasi

Tipe Iklim	Kejadian dilapang
	surya rendah sepanjang tahun
B1	Sesuai untuk padi terus menerus dengan perencanaan jadwal tanam yang baik, peluang hasil produksi tinggi terutama bila panen pada awal musim kemarau
B2	Pada umumnya bisa ditanami padi dua kali setahun terutama bila menggunakan varietas umur pendek dan bahkan masih dapat ditanami palawija satu kali
C1	Pada umumnya bisa ditanami padi satu kali dan palawija dua kali
C2, C3, C4	Pada umumnya hanya dapat ditanami padi satu kali dan palawija satu kali, meskipun masih ada peluang menanam palawija satu kali, tetapi disesuaikan kebutuhan airnya
D1	Pada umumnya dapat ditanami padi satu kali dan hasil produksipeluangnya dengan menggunakan umur pendek atau dengansistem gogorancah
D2, D3, D4	Pada umumnya hanya dapat ditanami padi satu kali dan hasil produksi peluangnya cukup tinggi dan palawija satu kali
E	Daerah dengan tipe iklim ini terlalu kering, sehingga bila ingin menanam padi sawah perlu diusahakan menggunakan varietas umur pendek yang dibarengi dengan cara bercocok tanam sistem gogorancah

f. Ciri iklim Tropika

Daerah beriklim tropika adalah daerah yang terletak pada lintang atau daerah tropika (23 %20 L.U s/d 23%20 L.U). Iklim tropika memiliki pola iklim tersendiri yang berbeda dengan pola iklim daerah subtropika atau daerah kutub, terutama radiasi surya, suhu udara dan curah hujan. Dengan demikian tipe vegetasi, jenis komoditas pertanian, tehnik bercocok tanam, dan aspek-aspek sosial lainnya yang mempunyai cirri yang khas

Wilayah tropika :

1. Amerika (tengah dan selatan)
2. Asia (India, indocina, Semenanjung Malaka, Philipina, dan Indonesia)
3. Australia (bagian Utara)
4. Afrika

Namun tidak semua lokasi/lintang tropika memiliki iklim tropika, yakni oleh karena adanya perbedaan :

1. Keadaan fisiografi lahan, terutama altitude
2. Penyebaran daratan dan perairan
3. Ada/tidaknya pengaruh sistem/angin monsoon (musim)

Iklim tropika dicirikan oleh:

1. Suhu dan kelembaban udara yang tinggi sepanjang tahun
2. Curah hujan yang tinggi dan sering
3. Variasi suhu udara diurnal lebih besar daripada suhu udara musiman atau harian dari tahun
4. Suhu udara rata-rata bulan terdingin > 18.20C

Intertropical Convergence Zone (ITCZ)

ITCZ adalah daerah konvergensi dalam daerah tropika, yaitu merupakan daerah pertemuan massa udara belahan bumi utara (BBU) dan dari belahan bumi Selatan (BBS) dalam daerah tropika. Tetapi lokasi/lintang pertemuan berpindah-pindah menurut waktu sebagai akibat pergerakan semu surya selama setahun akibat revolusi bumi. Dengan demikian setiap posisi surya dipermukaan bumi akan menerima radiasi (pancaran) surya paling banyak (pada tipe permukaan yang sama), sehingga suhu udaranya juga lebih tinggi daripada lokasi/lintang sekitarnya. Oleh karena itu, ITCZ dikenal sebagai daerah termal ekuator.

Oleh karena suhu udara lebih tinggi, maka kerapatannya lebih kecil, sehingga secara alami massa udara akan naik ke atas, sehingga akan terjadi kekosongan atau kekurangan massa udara pada lokasi/lintang tersebut dan merupakan daerah tekanan rendah, yang diistilahkan daerah depresi atau siklon memusat) atau daerah palung.

Daerah depresi (siklon) atau daerah palung merupakan lokasi/lintang bertemunya massa udara dari BBU atau BBS. Bila lokasi/lintang pertemuan ini merupakan daerah perairan atau daerah basah atau massa udara yang datang sarat dengan uap air, sehingga dapat menimbulkan awan dan curahan hujan yang cukup tinggi dan dapat terjadi banjir. Namun sebaliknya juga dapat terjadi kekeringan bila massa udara yang datang sifatnya kering atau sebagai massa udara benua.

Tetapi pada daerah beriklim tropika, selain curah hujan tinggi sering juga, evapotranspirasi (penguapan) cukup tinggi, sehingga kelebihan (suplus air) tidak seluruhnya terjadi pada lintang tropika, tetapi hanya terjadi pada lintang 18° utara -12° selatan. Namun jumlah dan penyebaran curah hujan pada daerah beriklim tropika, selain dipengaruhi oleh sistem ITCZ juga sistem Monsoon.

Angin Monsoon (Musim)

Angin Monsoon (musim) merupakan angin laut dan angin darat dalam skala besar sampai ratusan ribu kilometer persegi, yang bergerak bolak balik antara daratan dengan lautan, yang periodenya musiman atau tahunan pada daerah beriklim tropika. Angin Monsoon terdapat dimana-dimana, namun contoh yang paling jelas adalah Angin Monsoon Asia Timur yang selalu bertiup dari Jepang dan Cina dan Asia Selatan yang bertiup dari Samudra Hindia, khususnya pada musim panas di BBU. Sedangkan di Indonesia dikenal angin monsoon (musim) barat yang bertiup dari

Samudra Hindia disebelah Barat Sumatera dan angin monsoon (musim) timur Samudra Hindia disebelah timur Australia.

Siklon Tropika

Siklon tropika merupakan sistem angin pusaran yang melAnda pusat tekanan rendah dilintang tropika dan kadang-kadang melebar sampai 30° U/S. Siklon tropika merupakan salah satu gangguan cuaca/iklim pada daerah beriklim tropika yang diberi nama sesuai lokasi/daerah/negara terjadinya, misalnya Taifun didaerah Pasifik, Hurricane di Amerika, Willy-willy di Australia, Bougio di Philipina, dan badai atau badai tropis di Indonesia.

Gejala cuaca tadi biasanya mendadak terjadi di lautan tropika lalu menjalar kesepanjang pantai sampai ribuan kilo meter. Badai topan berdiameter ± 650 km dan bahkan lebih luas di laut Cina. Tekanan udara dipermukaan laut dapat mencapai 950 mb dan bahkan 920 mb. Oleh karena demikian rendahnya tekanan udara dipermukaan laut, maka tidaklah mengherankan bila kecepatan angin dapat mencapai 89 ms-1 (320 km/jam) dan puncak awan hanya dapat mencapai 1200 m. Padahal menurut kriteria FAQ, bila kecepatan angin sudah mencapai di atas 8m/s sudah tergolong kriteria sangat kuat.

El-Nino dan La-Nina

El-Nino dan La Nina merupakan dua gejala cuaca/iklim yang artinya anak laki-laki dan anak perempuan (Oleh seorang Spanyol), secara berturut-turut merupakan lambang petaka musim kemarau yang kering dan berkepanjangan yang dapat menyebabkan kebakaran dan musim hujan dengan curah hujan yang tinggi dan berkepanjangan yang dapat menyebabkan terjadinya banjir.

Keduanya dapat terjadi pada daerah tropika, tepatnya dilautan Pasifik Tengah hingga Timur, Misalnya kekeringan berkepanjangan yang terjadi pada tahun 1982/1983 dan tahun 1997/1998 yang melAnda beberapa Negara (Indonesi, Afrika, Australia, Srilangka, Philipina, Amerika Serikat bagian tengah, Brasil bagian selatan, Argentina dan Paraguay). Sebaliknya terjadi kebanjiran pada beberapa Negara (Lousiana bagian tengah, Florida, Kuba, dan terutama Peru dan Ekuador) terjadi banjir besar.

Terjadinya karena meningkatnya suhu permukaan air laut 4-6 °C di atas normalnya dipantai Peru dan Ekuador, sehingga merupakan daerah siklon yang menyebabkan massa udara daerah sekitarnya tersedot ke daerah depresi/siklon ini,yang pada akhirnya menyebabkan kekeringan berkepanjangan pada negara-negara tersebut di atas. Tetapi sebaliknya daerah siklon (terutama Peru dan Ekuador) mengalami banjir besar. Sebaliknya akan terjadi gejala La-Nina karena menurunnya suhu permukaan air laut di samudra pasifik bagian tengah sehingga timur di pantai Peru dan ekuador.

Keragaman dan Variasi Iklim di Indonesia

Letak geografis antara lintang: 6^o utara – 11^o selatan (daerah/lintang tropika), Bujur : 95^o – 141^o timur. Penyebaran daratan dan perairan, selain diantarai oleh dua samudera besar (Hindia dan Pasifik), sehingga Indonesia beriklim panas yang sifatnya lembab sampai basah. Tetapi di Indonesia juga diantarai oleh dua benua (Asia dan Australia), sehingga Indonesia pada umumnya mengalami musim kemarau dalam suatu periode, yaitu pada saat terjadi angin passat yang sifatnya kering dari benua Australia sebagai massa udara benua.

Keadaan topografi (terutama altitude), makin tinggi tempat sebaliknya suhu udara semakin rendah (gradient suhu), tetapi curah hujan semakin

tinggi (khususnya pada lereng hadap angin) seperti yang dijelaskan oleh Braak (1928).

ITCZ : yang menyebabkan terjadinya variasi penyebaran curah hujan dalam satu tahun dari suatu tempat atau lokasi. Angin monsoon (musim), variasi penyebaran hujan, akibat pengaruh ITCZ didukung oleh adanya pengaruh atau diperkuat oleh pengaruh angin monsoon. Misalnya angin musim barat dan angin musim timur dari samudra hindia seperti yang telah dijelaskan.

Pergerakan udara secara umum (global) mungkin ada kaitannya dengan pengaruh ITCZ dan pengaruh Monsoon. Karena terjadinya berkaitan dengan variasi penyebaran curah hujan menurut waktu.

Dari keragaman dan variasi iklim di Indonesia disebabkan oleh :

1. Faktor letak geografis dan keadaan topografi (terutama altitude) serta penyebaran daratan dan perairan merupakan faktor-faktor dominan yang mempengaruhi keragaman iklim di Indonesia menurut tempat atau lokasi.
2. Faktor ITCZ, angin monsoon dan pergerakan udara secara umum merupakan faktor-faktor yang dominan yang mempengaruhi variasi penyebaran curah hujan menurut waktu dari suatu lokasi. Dimuka telah dijelaskan bahwa pengaruh sistem ITCZ dan sistem muson tropika, termasuk Indonesia. Pengaruhnya bisa secara bersamaan atau berurutan.

Penyebaran Curah Hujan Menurut Waktu

Selama musim panas di BBU (yaitu pada bulan Juni, Juli dan Agustus), daerah tekanan rendah berada di sebelah utara equator, sebaliknya daerah tekanan tinggi berada di sebelah selatan equator. Dengan demikian terjadilah pergerakan udara dari BBS menuju equator sebagai angin passat

tenggara yang sifatnya kering karena pada umumnya sebagai massa udara benua dari Australia. Sehingga Indonesia pada umumnya musim kemarau, kecuali beberapa daerah di Indonesia bagian timur, terutama daerah Sulawesi Selatan bagian timur justru mendapat hujan, yang diduga akibat pengaruh angin monsoon (musim) timur sebagi massa udara maritim dari samudra Hindia di sebelah timur benua Australia.

Selama musim dingin di BBU yaitu pada bulan Desember , Januari, dan Februari) daerah tekanan rendah berada disebelah selatan ekuator, sebaliknya tekanan tinggi berada sebelah utara ekuator. Dengan demikian terjadilah pergerakan massa udara BBU menuju ekuator sebagai angin passat timur laut dan setelah melewati ekuator akan berubah/membelok ke kiri menjadi angin barat laut (sesuai dengan hukum Bu'ys Ballot). Angin ini sifatnya basah atau sarat dengan uap air karena berasal dari laut Cina Selatan atau lautan Pasifik sebagai massa udara maritim. Bersamaan atau hampir bersamaan angin ini, juga terjadi angin monsoon dari Samudra Hindiadisebelah barat Sumatera yang juga sarat dengan uap air, sehingga pada periode tersebut Indonesia pada umumnya mengalami musim hujan. Oleh karena anginnya cukup kencang disamping massa udaranya sarat dengan uap air, sehingga lereng kelangkang angin masih memungkinkan mendapat hujan sebagai hujan kiriman dari barat, namun tidak setinggi yang terjadi di wilayah barat. Tetapi pengaruh ini menyebabkan terjadinya peak curah hujan yang terjadi pada bulan Desember/November di wilayah PCHP dan pada bulab November/Oktober di wilayah PCHP dari Sulawesi Selatan, sehingga pada penyebaran curah hujan bulanan berbentuk bimodal, sedangkan di wilayah PCHPB hanya mempunyai 1 peak (monomodal atau unimodal).

Pada saat surya berada di atas ekuator dan sekitarnya, (terutama pada bulan September/Oktober dan Maret /April), merupakan peak curah hujan bulanan pada daerah ekuator dan sekitarnya, sehingga pola penyebaran

curah hujan bulanan pada umumnya berbentuk bimodal dengan peak curah hujan terjadi pada bulan Oktober dan April. Makin jauh dari ekuator, peak semakin lambat terjadi tetapi semakin tinggi curah hujannya hingga mencapai puncaknya pada bulan November/Desember pada umumnya dikabupaten Polewali dan kabupaten Pinrang sebagai batas wilayah PCHP, sedangkan untuk wilayah PCHPB puncak curah hujannya baru tercapai pada bulan Januari/Desember dan curah hujannya semakin menurun tanpa terjadi kenaikan lagi pada bulan-bulan berikutnya, sehingga pola curah hujannya hanya berbentuk unimodal. Tetapi pada wilayah lain seperti Sulawesi Selatan bagian timur sebagai wilayah PCHPT seperti juga terjadi di daerah lain seperti Sulawesi Tenggara, peak II yang terjadi pada bulan April di wilayah utara dari Sulawesi Selatan (dekat ekuator) bergeser ke bulan Mei dan merupakan puncak tertinggi dari wilayah curah hujan ini.

Model Perubahan Lingkungan/Iklim

Pembangunan merupakan suatu keharusan sebagai bangsa yang berkembang dan maju, sehingga tatanan hidup dan kehidupan dari penduduk atau masyarakatnya bisa lebih baik daripada sebelum pembangunan tersebut dilaksanakan. Namun tidak semua gejala/dampak yang ditimbulkan bersifat positif, tapi sebagian juga akan berdampak negatif misalnya dampak pada iklim. 12.1. Efek Rumah Kaca

Efek rumah kaca di alam/atmosfer adalah efek kalor yang timbul sebagai akibat adanya dan naiknya konsentrasi gas-gas rumah kaca di alam/atmosfer. Gas-gas tersebut adalah karbon dioksida (CO2), methan (C1-14), kholo flouro carbon (CFC), Nitro oksida (NO2),dan Ozone (03) di lapisan troposfer. Gas-gas ini dapat menyerap radiasi bumi sebagai radiasi gelombang panjang (atau disebut juga radiasi infra merah) yang berfungsi untuk menjaga agar bumi menjadi lebih panas dibanding bila gas-gas tersebut tidak ada. Disebut efek rumah kaca, oleh karena yang terjadi disini

adalah sama halnya terjadi dalam rumah kaca buatan, yaitu sebagai efek kalor.

Seperti halnya radiasi surya, radiasi bumi juga diserap oleh molekul-molekul udara kering secara relatif pada panjang gelombang tertentu . Kecuali pada X=2.2-4.3 gm dan 8.5-11.0gm akan lobos ke angkasa dan radiasi bumi dengan panjang gelombang tersebut disebut radiation window.

Makin tinggi konsentrasi gas-gas tersebut diatmosfer, semakin tinggi pula efek kalor yang timbul pada/dekat permukaan bumi, namun pengaruhnya berbeda menurut jenis dan jumlah gas tersebut. Sebagai contoh, misalnya penambahan sebuah molekul metan akan menyebabkan penyerapan kalor 21-30 kali lebih banyak dibanding penambahan satu molekul CO2. Sedangkan penambahan satu molekul CFC mampu menyerap kalor hingga 12.400 — 15.800 kali lebih banyak bila dibanding satu molekul CO2.

Konsentrasi CO2 di atmosfer dalam jumlah yang normal adalah 0.03% dari udara kering. Tetapi jumlah ini peranannya terhadap pemanasan permukaan bumi dan lapisan udara di atasnya adalah kecil sekali.namun, ada bukti-bukti bahwa selama dasawarsa terakhir ini, pelepasan CO2 ke atmosfer sebagai akibat pembakaran bahan bakar fosil telah bertambah 0.2% tiap tahun. Meskipun tumbuhan hijau yang fotosintesa di permukaan bumi dan sistem karbonat dari lautan cenderung untuk mempertahankan CO2 di atmosfer dalam keadaan stabil. Tetapi peningkatan secara terus menerus dari pembakaran bahan bakar fosil yang disertai dengan penurunan kapasitas peningkatan CO2 dari tumbuhan hijau adalah awal dari dilampauinya pengendalian (secara alami)

Pada permulaan revolusi industri (yaitu sekitar tahun 1800), kandungan CO2 diatmosfer sekitar 280 ppmv. Dalam tahun 1992, kandungan CO2 diatmosfer meningkat menjadi 356 ppmv, sehingga terjadi peningkatan

sebanyak 1,4 ppmv (0,4%) pertahun. Jika laju peningkatan CO2 yang terjadi sekarang berlangsung terus, maka dapat diperkirakan bahwa pada pertengahan abad yang akan datang, kandungan CO2 akan meningkat menjadi dua kali lipat sehingga keadaan iklim akan menjadi lebih panas dengan kenaikan suhu udara rata-rata setinggi 0.2 — 0,5 pertahun. Kenaikan suhu ini akan diikuti dengan naiknya permukaan air laut (karena pencairan es didaerah kutub) dan perubahan pola curah hujan yang dapat mengganggu produksi pertanian. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tinggi muka air laut telah mulai meningkat setinggi 12 cm dalam abad ini. Ancamanancaman seperti ini hams dipertimbangkan dalam perencanaan nasional dan kebijaksanaan internasional.

Selain meningkatnya konsentrasi CO2 di atmosfer, juga terjadi peningkatan gas-gas rumah kaca lainnya. Sebagai contoh, konsentrasi metan di atmosfer meningkat lebih dari dua kali lipat dibandingkan pada saat pra indusri, rata-rata sekitar 14 ppbv (0,9%) pertahun. Kecenderungan perubahan terjadi pada metan mendekati apa yang terjadi pada CO2 selama kurun waktu 160.000 tahun terakhir. Konsentrasi gas- gas rumah kaca lainnya, yaitu nitrooksida dan CFC juga meningkat. Konsentrasi CFC meningkat sekitar 5% pertahun.untuk lebih jelasnya peningkatan berbagai gas rumah kaca.

Efek Perusakan Lapisan Ozon

Perkembangan iptek yang pesat membawa dampak didalam kehidupan mahluk hidup dan lingkungannya. Penggunaan bahan-bahan olahan industri yang temtama dari berbagai zat kimia ternyata telah membawa dampak menghawatirkan. Bahan-bahan tersebut diantaranya Clorofluorocarbon (CFC), halon, karbontetraklorida (CC14), Metil-kloroform (CH3CC13) dan metibromida (CH3Br) akan menyebabkan lapisan ozon menipis. Dampak menipisnya lapisan ozon dicirikan dengan meningkatnya jenis penyakit kanker kulit dan katarak,menurunnya daya

tahan tubuh, terganggunya hasil panen, organisme laut dan ekosistemnya. Selain itu berdampak pada pemanasan global. Dengan demikian bahan kimia tersebut termasuk kedalam kelompok bahan kimia yang terhalogenasi dan disebut sebagai ozone depleting substance (ODS). Dengan melihat dampak yang diakibatkan oleh penipisan ozon maka dikeluarkan suatu aturan international bertujuan setiap Negara melakukan pengawasan bahan-bahan yang dapat menyebabkan lapisan ozon menipis.

Penipisan lapisan ozon dapat diartikan sebagai gambaran turunnya kadar ozon secara drastis yang terdapat pada lapisan stratosfer. Dampak foto yang ditangkap oleh satelit menunjukkan bahwa kadar ozon yang berkurang tersebut mirip dengan sebuah lubang sehingga tempat-tempat dimana kadar ozon menipis disebut sebagai lubang ozon. Hingga saat ini beberapa lubang ozon telah ditemukan oleh para ahli antara lain terdapat di Kutub Selatan (Antartika), Australia, Selandia Baru dan daerah khatulistiwa.

Dampak pada perubahan iklim, emisi CFC dapat menghalangi keluarnya bahang sehingga terjadi peningkatan suhu rata-rata dan perubahan iklim global. Perubahan ini akan menimbulkan suhu yang ekstrim, musim kemarau menjadi lebih kering terutama daerah marginal sementara daerah lain menerima hujan lebih banyak yang dapat mengakibatkan banjir.

Efek Pulau Panas (Heat Island Effect)

Efek pulau panas adalah efek kalor yang timbul pada kota-kota besar yang sudah jauh berkembang, yang disebakan oleh pelbagai faktor antara lain, yaitu:

1. Kalor yang dibuat oleh manusia itu sendiri, yang dihasilkan oleh industri, kendaraan bermotor, keperluan rumah tangga, hasil respirasi manusia dan binatang, dan sumber lainnya.

2. Kalor yang timbul dari bahan-bahan konstruksi untuk bangunan dan prasarana jalan, misalnya batu kerikil, batu bara, aspal, dan sebagainya
3. Terhalangnya pendinginan karena kurangnya penguapan, yang disebabkan karena semakin sempitnya bidang penguapan karena tertutup oleh bangunan-bangunan, jalan dan sebagainya
4. Perubahan nilai albedo karena semakin kurangnya salju yang terbentuk (daerah subtropis), permukaan yang semakin gelap karena penguapan aspal, dan pemukaan cekung dari suatu profil kota.

Karena begitu banyaknya faktor penyebab di samping karena ruang lingkupnya lebih sempit, maka efek kalor yang timbul dari efek pulau panas lebih tinggi daripada efek rumah kaca.

Efek Radiasi Ultra Violet

Efek radiasi ultra violet adalah efek radiasi dengan energi yang cukup tinggi oleh sinar ultra violet yang lobos kepermukaan bumi karena rusaknya lapisan ozon (03), di atmosfer. Ozon di atmosfer merupakan salah satu komponen udara kering yang secara normal dialam/atmosfer memang kandungannya sudah sangat rendah (hanya 0,000005 — 0,000012% dan udara kering), kendati dengan jumlah tersebut masih dapat menetralisir pengaruh buruk dari sinar tersebut yang sangat berbahaya bagi kehidupan dipermukaan bumi dan atmosfer (yang disebut aerobiologi).

Kandungan Ozon di atmosfer yang jumlahnya serba kritis persediaannya akan lebih kritis lagi akibat terjadinya kerusakan oleh semakin banyaknya nitrat dan sulfat memasuki atmosfer, selain karena penyebab secara alami akibat adanya letusan gunung berapi. Tetapi juga terutama karena kemajuan ilmu dan teknologi itu sendiri, misalnya penggunaan pesawat supersonic. Makin rendahnya kandungan 03 juga berkaitan dengan adanya dan bertambahnya konsentrasi CFC di atmosfer, yang disebabkan karena

penggunaan insektisida secara otomatis dan juga karena penggunaan mesin penyejuk ruangan.

Perubahan Pola Keawanan dan Presipitasi

Perubahan pola keawanan dan presipitasi di sebabkan karena menigkatnya aerosol di atmosfer dan perubahan penutupan vegetasi dari kawasan hutan (terutama hutan lindung) menjadi lahan pertanian, perkebunan, peternakan, pemukiman dan sebagainya.

Aerosol adalah partikel-partikel padat di atmosfer berupa garam-garam laut, debu (terutama silikat), bahan organik dan asap. Partikel-partikel ini masukke atmosfer karena pencemaran udara atau praktek-praktek pertanian, misalnya pembakaran hutan dan alang-alang, semprotan laut, aktivitas vulkanik dan kenaikan debu oleh angin. Aerosol selain berperan sebagai penghalang terhadap radiasi surya menuju kepermukaan bumi, tetapi yang lebih penting adalah peranan sebagai inti-inti kondensasi dalam pembentukan awan. Sebagai contoh adalah meningkatnya awan cumulus sepanjang jalan lalu lintas dibelaha bumi utara.

Penyebab kedua adalah penjarangan penutupan areal bervegetasi(terutama hutan), yang menyebabkan sumbangan uap air ke atmosfer dapat berkurang. Padahal uap air ini merupakan bahan baku terbentuknya awan,khususnya awanawan konvektif yang memungkinkan terjadinya presipitasi/hujan konvektif(disebut juga hujan lokal). Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan perubahan/pergeseran pola curah hujan dan tipe iklim kearah yang lebih besar dari beberapa lokasi stasiun yang sifatnya lembab sampai basah. Tetapi pada umumnya perubahan/pergeseran tersebut kearah yang lebih kering dan loksai stasiun yang sifatnya lembab sampai kering (table 12.3). nampaknya perubahan/pergeseran suhu udara dari pola curah hujan (meskipun

dinyatakan dalam curah hujan tahunan) juga terjadi dibeberapa kota besar di aindonesia.

Meskipun di muka telah dijelaskan bahwa iklim secara makro tidak dapat dirubah oleh manusia. Namun adanya fenomena-fenomena alam yang kelihatannya ikut pula berubah akibat adanya perubahan kepentingan manusia, yang disebut pembangunan (fisik). Perubahan-perubahan ini bukan hanya bersifat lokal, tetapi juga regional dan bahkan secara internasional seperti dijelaskan pada dampak pembangunan pada iklim. Tetapi perubahan iklim secatra makro atau global tersebut sebenarnya terutama akibat penterapan ilmu dan teknologi diluar bidang study meteorology/klimatologi pertanian, terutama bidang study yang berkaitan dengan bidang industri, baik yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya alam(eksploitasi), maupun untuk menghasilkan bahan produksi. Tetapi, bila setiap ilmuan dan teknologi menyadari masing-masing fungsi dan tujuan ilmu teknologi itu ditancapkan dan dikembangkan, maka dampak negatifyang timbul akibat pembangunan tersebut seharusnya tidak terjadi atau dapat ditekan sekecil mungkin di bawah batas toleransi.

Kunci Strategis Pengendalian

Untuk mengurangi pelepasan gas-gas rumah kaca atau memperlambat peningkatannya, diperlukan konsensus politik yang khusus ditingkat internasional. Tidak ada satu negara atau wilayah pun yang dapat berjalan sendiri dalam upaya mencegah peningkatan gas-gas rumah kaca,meskipun kepemimpinan negara itu memegang peranan penting untuk mencapai kesepakatan. Agar diterima secara luas, kebijakan pencegahan secara ideal perlu memberikan keuntungan bagi daerah sekitarnya.Ada lima unsur kunci yang perlu tercakup dalam strategi pengendalian, yaitu:

a. Meningkatkan efesiensi produksi dan penggunaan energi

b. Sejauh mungkin mengganti bahan bakar yang padat karbon seperti batu bara, dengan bahan bakar yang padat hydrogen seperti gas alam.
c. Mendorong pengembangan dan penggunaan energi surya serta energi non karbon lainnya.
d. Menekan produksi bebagai CFC dan mengembangkan upaya untuk mencabutnya dari peredaran.
e. Mengurangi laju pembukaan hutan.

Peran Radiasi Matahari Terhadap Hutan

Radiasi matahari merupakan sumber kehidupan, dan berpengaruh terhadap physiologi hutan, morphologi, sifat-sifat lingkungan hutan dan terhadap hampir semua organisme dalam hutan. Meskipun peran utama radiasi matahari adalah sebagai sumber utama dari energi untuk kehidupan, tapi ini bukan hanya terhadap hutan bahkan terhadap lingkungan lainnya.

Dengan adanya perbedaan lokasi maka muncul variasi intensitas cahaya yang menimbulkan persaingan dalam hutan. Kondisi ini dapat menyebabkan kehidupan atau kematian jenis jenis tertentu atau organisme tertentu. Jenis jenis pohon tertentu dan organisme tertentu dalam hutan mengalami persaingan ketat dalam perebutan sinar matahari dan cahaya. Dengan perbedaan (variasi) intensitas sinar/cahaya matahari maka hutan dimanej dengan mempertimbangkan hal tersebut, terkait dengan jenis dan lokasi serta arah tanaman hutan.

Pengaruh Suhu Terhadap Hutan

Suhu merupakan alat ukur untuk mengetahui intensitas energy panas yang masuk ke dalam hutan. Ini diukur dari jumlah energy panas dan kapasitas panas yang menerpa hutan. Musim panas dapat menyebabkan tajuk di hutan terbakar dan menyebabkan banyak kematian pohon dalam tegakan

hutan. Kekeringan dalam hutan biasanya diikuti oleh kebakaran hutan, sehingga iklim mikro mengalami perubahan.

Iklim mikro berpengaruh terhadap kondisi tanah dalam areal hutan yang tergantung pada kemiringan lereng, naungan, kelembaban tanah dan warna tanah. Pengetahuan terhadap factor suhu dalam manajemen hutan terutama cuaca, merupakan hal yang harus menjadi pertimbangan dalam menentukan kebijakan pengelolaan hutan, seperti waktu-waktu melakukan penebangan, penanaman, dan lain-lain.

Pengaruh Angin Terhadap Hutan

Perpindahan udara (atmosfer) dikenal sebagai angin. Angin berpengaruh terhadap pertumbuhan dan morfologi hutan melalui keseimbangan antara air, gas, dan perbedaan dari bagian pohon dan daun. Angin merupakan hal yang harus dipertimbangkan karena angin dapat merusak hutan bahkan dapat merusak fisiologi pohon.

Pengaruh Iklim Mikro Terhadap Kehidupan Manusia

Efek dari lingkungan fisik terhadap sifat dan kehidupan yang merupakan bagian dari pengalaman sehari-hari kita, sangat perlu untuk dipelajari. Panas, dingin, angin dan kelembaban merupakan istilah yang telah lama kita kenal, namun masih merupakan hal yang perlu dicermati tentang kaitannya dengan kehidupan kita.

Lingkungan Mikro

Lingkungan mikro merupakan bagian yang penting terhadap kehidupan sehari-hari kita, tapi kita jarang memikirkan hal ini. Sebagai contoh rumah kita, kamar tidur kita, kasur kita, dinding rumah kita, di bawah naungan pohon, sarang burung, kAndang ternak, yang semuanya itu merupakan lingkungan mikro. Tapi data keadaan yang terdapat pada lingkungan seperti tersebut, tidak bisa digunakan sebagai data laporan cuaca. Misalnya

suhu udara mungkin sekitar 1 0°C dan kecepatan angin 5 m/detik, tapi dalam sebuah sarang burung yang berada di tempat ternak yang terlindung dari angin dan sinar matahari mungkin suhunya akan sekitar 25°C.

Dalam hal ini iklim mikro sangat bervariasi tergantung pada tempat dan kondisinya. Disini dibutuhkan instrument (alat-alat) khusus untuk mengukur hubungan antara variable-variabel lingkungan yaitu variabel-variabel yang terkait dengan temperatur (suhu), kelembaban atmosfer, dan tekanan udara.

Pertukaran Energi

Konsep dasar yang melatarbelakangi semua lingkungan biofisik adalah pertukaran energi. Energi bisa tersimpan sebagai energy kimiawi, energi panas, atau energi mekanik. Kajian kita akan berfokus pada perpindahan energy panas (transport of heat energy). Ada empat macam perpindahan energy panas yang dikenal yaitu: convection: pemindahan panas melalui pergerakan molekul zat cair. Pada awalnya panas dipindahkan ke zat cair dengan daya konduksi, tetapi dengan pergerakan zat cair itu membawa panas tersebut kemana-mana.

Bila dua benda yang berbeda suhunya bersentuhan satu sama lain maka panas ditransfer dari benda yang memiliki suhu lebih tinggi ke benda yang mempunyai suhu lebih rendah melalui proses “konduksi”. Proses konduksi adalah merupakan proses interaksi molekul. Bila tangan Anda menyentuh panci panas maka panas panci akan pindah ke tangan Anda melalui proses “konduksi”.

Berbeda dengan konveksi dan konduksi, pertukaran radiasi tanpa intervensi molekul untuk memindahkan panas dari sebuah permukaan ke permukaan lain. Sebuah permukaan yang memancarkan energy pada ke empat macam proses ini semuanya disertai dengan suhu. Matahari dan bumi, keduanya mengeluarkan pancaran radiasi tetapi karena suhu

matahari lebih tinggi maka kerapatan (kepadatan) flux radiasinya jauh lebih tinggi pada permukaan matahari dibanding pada permukaan bumi.

Suhu pada sebuah kamar tidur lebih banyak berasal dari dinding daripada dari udara bebas. Untuk mengubah zat cair menjadi gas pada suhu 20ºC, air akan mengabsorbsi "panas latent" sebesar 2450 Joules per gram. Hampir 600 kali lipat energy yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu satu derajat celcius dari satu gram air.

Temperatur (Suhu)

Tingkat reaksi biokimia antar organisme sangat tergantung pada suhunya. Tingkat reaksi bisa dua kali lipat atau tiga kali lipat untuk peningkatan suhu tiap 10ºC. Temperature di atas atau di bawah nilai kritis dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan alam dari enzim dan menyebabkan kematian organisme. Suatu organisme jarang mencapai keseimbangan dengan alam, jadi suhu lingkungan hanya salah satu faktor untuk menentukan suhu organisme. Faktor lain yang mempengaruhi adalah flux (kerapatan) dari radiasi dan panas latent yang masuk dan keluar dari organisme, penyimpanan panas, dan pemindahan panas antara organisme dan lingkungan.

Kelembaban Lingkungan Hutan

Kelembaban lingkungan terkait dengan dua pertimbangan yaitu :

a. Reaksi biokimia yang berlangsung dalam sistem biologi yang berproses dalam air. Organisme jarang berada dalam kelembaban yang seimbang dengan lingkungannya. Selama keseimbangan air dalam organisme dapat dipelihara dengan lingkungan sekitarnya, maka kehidupan oraganisme dapat dipertimbangkan
b. Kelembaban lingkungan sangat panting dalam transfer energi. Bila ada perubahan fase yang melibatkan transfer air, maka banyak energi yang

bisa di transfer ke atau dari permukaan. Dalam hal ini kelembaban berperan sangat penting dalam hal transfer energi.

Kondisi Saturasi

Bila sebuah wadah air terbuka pada sebuah ruang tertutup, maka air akan menguap ke ruang tersebut. Sebagai air yang menguap maka konsentrasi molekul air dalam udara akan meningkat akhirnya keseimbangan menjadi tetap ketika jumlah molekul air yang meninggalkan air sama dengan jumlah molekul yang ditangkap oleh air.

Angin. Kecepatan aliran angin dibawah tajuk akan berbeda menurut jenis dan tinggi tajuk. Di bawah tajuk akan tercipta iklim mikro yang suhunya lebih dipengaruhi oleh tanaman dibanding dengan suhu di atas tajuk. Bila dalam sebuah kota akan diciptakan iklim mikro, maka diperlukan tanaman-tanaman yang diharapkan memberi pengaruh terhadap suhu dan angin

3. Tugas

Tugas 1.

Petunjuk : Kerjakan tugas berikut ini sebelum Anda membaca uraian materi.

Anda sudah pernah mendengar atau bahkan sering melihat tayangan televisi atau media online tentang ramalan cuaca atau bahkan membaca surat kabar/koran yang memuat tentang ramalan cuaca. Berkaitan dengan hal tersebut silahkan Anda secara berkelompok menjawab pertanyaan berikut ini.

1. Unsur-unsur cuaca apa saja yang sering ditayangkan dalam ramalan cuaca di televisi atau di koran atau bahkan di internet?
2. Apakah ramalan cuaca tersebut selalu tepat? Kalau tepat berikan alasannya dan sebaliknya.
3. Apakah ada unsur-unsur cuaca lain yang perlu diamati untuk kepentingan pertanian dan kehutanan?
4. Pada bulan apa terjadi musim kemarau dan musim penghujan di daerah Anda?
5. Apakah ada perbedaan dalam pertumbuhan tanaman hutan pada musim kemarau dan musim penghujan, jelaskan?
6. Mengapa pada daerah yang musim penghujan lebih panjang dari musim kemarau pertumbuhan tanaman hutan lebih cepat dibandingkan dengan daerah yang musim kemaraunya lebih panjang?
7. Bandingkan hasil kegiatan kelompok Anda dengan kelompok lainnya dan simpulkan. Bilamana diperlukan dapat dikonsultasikan dengan guru.

Tugas 2

Setelah Anda mempelajari atmosfer, secara individu jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Apakah pengaruh dari tindakan-tindakan membakar sampah plastik, membakar hutan pada saat pembukaan lahan terhadap komposisi atmosfer?

2. Jelaskan mengapa golak-galik (perubahan) cuaca hanya terjadi pada lapisan troposfer?
3. Bagaimana pengaruh berkurangnya tumbuhan karena penebangan, pembakaran, bencana alam terhadap komposisi udara yang berada di atmosfer? Bagaimana akibat kondisi tersebut pada kehidupan manusia?
4. Anda mengetahui kebijakan bapak Presiden menanam 2 juta pohon, apa manfaat penanaman pohon ini terhadap komposisi udara di atmosfer?

Setelah Anda selesai menuliskan jawaban pertanyaan di atas, bandingkan jawaban Anda dengan kelompok yang lain, buatlah simpulannya. Anda dapat mencari berbagai sumber pustaka yang lain. Serahkan laporan tugas ini kepada bapak/ibu guru pengampu mata pelajaran Silvika sebagai portopolio hasil pembelajaran.

Tugas 3

Anda telah membaca informasi tentang peran iklim dan cuaca dalam kegiatan pertanian kehutanan maka jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

1. Jelaskan pengertian iklim dan cuaca.
2. Jelaskan apa manfaat data iklim dan cuaca bagi kehidupan manusia dan bagi pengelolaan hutan.
3. Jelaskan unsur-unsur cuaca yang menjadi pengendali iklim di daerah Anda.
4. Jelaskan peran BMKG dalam peramalan iklim dan cuaca.
5. Jelaskan bagaimana mekanisme pembentukan cuaca dan iklim.
6. Jelaskan hubungan cuaca dan iklim dalam praktek pengelolaan hutan.

Setelah Anda selesai menuliskan jawaban pertanyaan di atas, bandingkan jawaban Anda dengan kelompok yang lain, buatlah simpulannya. Anda dapat mencari berbagai sumber pustaka yang lain. Serahkan laporan tugas ini kepada bapak/ibu guru sebagai portopolio hasil pembelajaran.

Tugas 4

Secara berkelompok Anda lakukan kunjungan ke stasiun klimatologi yang ada di daerah Anda. Amati dan catat data-data yang diperlukan:

1. Catat Identitas stasiun klimatologi, nama, letak, letak lintang, letak bujur dan ketinggian stasiun klimatologi.
2. Catat jenis dan fungsi serta tipe masing-masing alat yang ada pada stasiun klimatologi.
3. Catat jenis data unsur cauca yang dikumpulkan di stasiun klimatalogi tersebut.
4. Lakukan pengamatan terhadap tata letak statisun klimatologi tersebut, apakah ditemukan penghalang atau penghambat yang mengakibatkan pengukuran data cuaca menjadi tidak tepat.
5. Unduh Peraturan Kepala BMG nomor Kep 003 tahun 2008 tentang Standar Stasiun Klimatologi.
6. Bandingkan hasil pengamatan stasiun klimatologi dengan standar yang ditetapkan.
7. Bandingkan dan diskusikan dengan kelompok lainnya dan buat simpulan bersama.
8. Buatlah laporan tertulis hasil kunjungan ke stasiun klimatologi. Serahkan laporan tersebut kepada guru pembimbing.

Tugas 5

Lakukan pengukuran lama penyinaran dengan menggunakan alat pengukur lama penyiranan. Baca pias pengamatan hari sebelumnya dan tentukan berapa lama matahari bersinar.

Jawablah beberapa pertanyaan di bawah ini secara individu.

1. Apakah pengaruh lama penyinaran terhadap pertumbuhan tanaman.

2. Dengan semakin banyaknya polusi udara, intensitas radiasi matahari yang jatuh kepermukaan bumi berkurang, Jelaskan pengaruh berkurangnya intensitas radiasi matahari pada pertumbuhan tanaman.
3. Tumbuhan di lantai dasar hutan menerima sedikit radiasi matahari, apakah tumbuhan tersebut masih dapat berfotosintesa, jelaskan.

Tugas 6

Setelah Anda membaca unsur cuaca – suhu udara maka secara berkelompok diskusikan dan jawablah pertanyaan berikut ini.

1. Mengapa ketika atmosfir berawan suhu udara cenderung lebih tinggi?
2. Ketika Anda pergi ke puncak gunung maka akan terasa lebih dingin dibanding dengan dataran rendah? Jelaskan mengapa, dan proses permindahan apa yang terjadi?
3. Pada musim kemarau ketika atmosfer dalam keadaan stabil atau cerah pada siang hari suhu udara akan sangat tinggi dan pada malam hari akan sangat rendah sehingga perbedaan suhu siang dan malam sangat tinggi. Sebaliknya pada musim penghuja ketika atmosfer dalam keadaan tidak stabil pada siang hari suhu udara relatif rendah dan pada malam hari relatif tinggi sehingga perbedaan suhu siang dan malam kecil. Jelaskan apa penyebabnya?
4. Dengan menggunakan termometer portabel lakukan pengukuran suhu udara di lantai dasar hutan, lakukan pengukuran suhu udara di lapangan terbuka. Bandingkan hasil kedua pengukuran tersebut.
5. Bandingkan jawaban kelompok Anda dengan kelompok lainnya, diskusikan dan buat kesimpulan bersama.

Tugas 7

Pengukuran Kelembaban Udara

1. Secara berkelompok (3-5 orang) lakukan pengukuran kelembaban udara dengan menggunakan psikrometer dan higrometer

2. Pengukuran dilakukan tiga kali sehari pada waktu yang telah ditentukan
3. Lakukan perhitungan kelembaban udara (RH) dengan menggunakan tabel hitung untuk psikrometer.
4. Lakukan pembahasan mengapa terjadi perbedaan kelembaban udara pada saat pagi, siang dan sore hari. Lakukan analisis dan jelaskan.
5. Bandingkan dan diskusikan hasil kerja kelompok Anda dengan kelompok lainnya, buat simpulan terkait dengan data-data pengamatan yang Anda peroleh.

Tuliskan jawaban Anda menggunakan lembar Kerja Pengukuran Kelembaban Udara.

Lembar Kerja Praktek Pengukuran Kelembabab Udara									
Unsur Pengamatan	Tanggal			Tanggal			Tanggal		
	06.00	12.00	18.00	06.00	12.00	18.00	06.00	12.00	18.00
Thermometer-Bola kering									
Thermometer-bola basah									
BK-BB									
% kelembaban									
Higrometer									

Tugas 8

Curah Hujan.

1. Lakukan pengukuran curah hujan dengan ombrometer. Catat volume curah hujan yang terjadi selama sehari sebelumnya. Tentukan intensitas curah hujan dengan cara membagi volume air hujan yang tertampung dalam ombrometer dengan luas ombrometer.

2. Kategorikan apakah hujan tersebut termasuk hujan gerimis atau hujan lebat.
3. Jika dalam satu bulan jumlah intensitas melebihi 100 mm kategorikan bulan tersebut berdasarkan sistem Schmit dan Ferguson.
4. Jelaskan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya hujan.
5. Anda mungkin pernah mendengar tentang hujan buatan, carilah sumber-sumber dan jelaskan tentang hujan buatan.
6. Anda mungkin pernah mendengan tentang pawang hujan, atau pengalihan hujan, carilah sumber-sumber dan jelaskan tentang pengalihan hujan.

Tugas 9. Menganalisa Data hasil Penelitian

Carilah data cuaca dari salah satu stasiun klimatologi terdekat.

1. Berdasarkan data yang telah Anda kumpulkan lakukan pengolahan data sesuai dengan metode yang ditetapkan dan analisis dengan menggunakan metode yang telah ditetapkan sebelumnya.
2. Lakukan pembahasan pada setiap temuan pada aspek-aspek yang diteliti, analisis mengapa diperoleh data seperti hal itu dan simpulkan dengan menggunakan teori yang telah Anda tuliskan pada Bab II. Tinjauan Pustaka.
3. Berdasarkan temuan dan hasil pembahasannya susunlah kesimpulan dan saran tentang fungsi dan manfaat hutan.
4. Susunlah laporan penelitian Anda yang memuat :
   a. Bab I.. Pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah dan manfaat penelitian.
   b. Bab II. Tinjauan Pustaka yang menjelaskan tentang kajian teori atau pustaka.
   c. Bab III. Metode Peneltian yang menjelaskan metode penelitian yang dipergunakan, instrumen yang digunakan dan cara pengolahannya.
   d. Bab IV. Pembahasan
   e. Bab V. Kesimpulan dan Saran

4. Refleksi Iklim dan Cuaca

Setelah Anda melakukan kegiatan pembelajaran tentang Iklim dan Cuaca, refleksikan penguasaan kompetensi Anda pada lembaran ini.

1. Apa yang Saudara pelajari dalam kegiatan pembelajaran ini?

   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……..

2. Apa hambatan yang Anda hadapi dalam melaksanakan seluruh kegiatan pada kegiatan pembelajaran ini?

   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……..

3. Bagaimana Anda mengatasi masalah tersebut?

   ……
   ……
   ……
   ……

……

……

……

……..

4. Apakah setelah melakukan kegiatan pada kegiatan pembelajaran ini Anda merasa terbantu dalam mengerjakan tugas Anda dalam memahami iklim dan cuaca serta hubungannya dengan pengelolaan? Jelaskan mengapa!

……

……

……

……

……

……

……

……..

5. Dengan penguasaan kompetensi iklim dan cuaca, hal-hal apakah yang dapat Anda gunakan dalam praktik pengelolaan hutan?

……

……

……

……

……

……

……

……..

5. Test Formatif

Untuk membantu mengetahui penguasaan kompetensi dasar iklim, jawablah bertanyaan dan perintah berikut ini :

1. Bagaimanakah peran iklim dan cuaca terhadap pengelolaan dan produktivitas hutan.
2. Jelaskan fungsi atmosfer bagi makhluk hidup!
3. Jelaskan komponen utama gas yang menyusun atmosfer!
4. Semua makhluk hidup dalam kegiatan pernapasannya memerlukan oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida. Jelaskan bagaimana selalu oksigen tersedia bagi makhluk hidup dan kesetimbangan uadara relatif tetap/tidak berubah.
5. Sebutkan unsur-unsur cuaca yang perting bagi kegiatan pertanian dan kehutanan.
6. Jelaskan unsur unsur cuaca yang perlu dilakukan pengamatan dan berpengaruh terhadap pertumbuhan pohon hutan
7. Jelaskan hubungan intensitas matahari dengan produktivitas hutan.
8. Jelaskan klasifikasi iklim.
9. Jelaskan mengapa pada daerah beriklim kering mudah ditemukan hutan musim.
10. Jelaskan fungsi keberaan hutan dalam mempengaruhi iklim mikro dan iklim global.
11. Anda pernah mendengar tentang El Nino, jelaskan pengaruh El Nino terhadap keadaan cuaca di Indonesia.

C. Penilaian

Penialain terdiri dari tiga aspek yaitu sikap, pengetahuan dan ketrampilan,

1. Penilaian Sikap

Penilaian Sikap				
No.	Pernyataan	Tidak Pernah	Kadang Kadang	Selalu
1.	Saya selalau mengikuti kegiatan belajar tepat waktu			
2.	Saya selalau menyajikan data kegiatan pembelajaran secara jujur.			
3.	Saya selalu mengerjakan tugas secara mandiri dan kelompok berdasarkan pemikiran diri sendiri/otentik (tidak menjiplak, menyontek orang lain)			
4.	Saya mengerjakan tugas secara tetapt waktu			
5.	Saya selalu melibatkan kawan-kawan anggota kelompok dalam menyelesiakan tugas kelompok			
6.	Saya bersikap toleran dan tidak memaksakan pendapat pribadi kepada orang lain			
7.	Saya menggunakan bahasa verbal dan tulis secara santun			
8.	Saya selalu bersikap ramah terhadap sesama siswa dan kepada guru dan pegawai			

2. Penilaian Pengetahuan

Jawablah tugas di bawah ini secara ringkas dan jelas.

1. Jelaskan unsur unsur cuaca yang perlu dilakukan pengamatan dan berpengaruh terhadap pertumbuhan pohon hutan . (bobot 20)
2. Jelaskan hubungan intensitas matahari dengan produktivitas hutan (bobot 20)
3. Jelaskan klasifikasi iklim (bobot 20)
4. Jelaskan mengapa pada daerah beriklim kering mudah ditemukan hutan musim (bobot 20)
5. Jelaskan fungsi keberaan hutan dalam mempengaruhi iklim mikro dan iklim global (bobot 20)

3. Penilian Keterampilan

Penilaian keterampilan dilakukan dengan melihat portofolio laporan hasil pelaksanaan tugas-tugas. yang telah Anda lakukan.

Penilaian Ketrampilan				
No.	Pernyataan	Tidak Lengkap/ benar	Lengkap/ benar	Sangat Lengkap/ benar
1.	Laporan hasil pelaksanaan tugas susunannya lengkap			
2.	Menggunakan tata tulis yang baik dan benar serta santun			
3.	Data dalam laporan hasil otentik			
4.	Pengolahan hasil pengamatan menggunakan metode yang sesuai			
5.	Pembahasan rasional, ilmiah			
6.	Pembahasan, simpulan dan saran sesuai hasil temuan pengamatan			

Kegiatan Pembelajaran 2 Tanah Hutan (KD)

A. Deskripsi

Tanah adalah lapisan permukaan lithosfer, yang terkena pelapukan secara intensif oleh iklim dan kegiatan biokimia tumbuhan. Tanah merupakan sumber daya alam terpenting pada perkembangan manusia. Penggunaan tanah yang sewenang-wenang dapat menurunkan produktivitasnya secara nyata.

Pengetahuan tentang tanah merupakan dasar pengelolaan silvikultur yang baik, dengan tanah yang semakin subur secara fisik, kimia dan biologis akan memberikan produktivitas tumbuhan yang baik, dan akan memberikan fungsi-sungsi lain seperti fungsi hidrologis yang lebih baik.

Pada kegiatan pembelajaran tanah, anda akan mempelajari bagaimana proses pembentukan tanah, kalsifikasi tanah, sifat fisika, kimia dan biologi tanah dan hubungan tanah dengan produktivitas tumbuhan.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan pebelajaran ini anda diharapkan mampu

a. Memahami peran tanah kehutanan
b. Memahami proses pembentuk tanah
c. Memahami klasifikasi tanah
d. Memahami sifat fisika tanah
e. Memahami sifat kimia tanah
f. Memahami sifat biologi tanah
g. Memahami hubungan tanah dengan produktivitas tumbuhan

2. Uraian Materi

TANAH

a. Pendahuluan

Tanah memiliki kemampuan memberikan air, unsur hara, udara sehingga tanaman dapat hidup dan tumbuh. Berdasarkan fakta tersebut, maka tanah didefenisikan sebagai bahan yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik yang mendukung pertumbuhan tanaman di permukaan bumi. Tanah merupakan sistem 3 fase, yaitu padat, cair dan gas yang selalu mengalami dinamisasi dalam kondisi seimbang. Tanah terbentuk dari berbagai proses fisik, kimia dan biologi menghasilkan lapisan-lapisan yang berbeda dari suatu tempat ke tempat lainnya baik sifat fisik, kimia maupun sifat biologinya. Dalam istilah tanah, lapisan tersebut dikenal dengan nama horison. Penampakan vertikal dari tanah yang terdiri atas horison-horison disebut profil tanah. Cepat atau lambatnya pembentukan horison-horison tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor pembentuk tanah, yaitu: bahan induk, iklim, biota, topografi dan waktu.

Fraksi anorganik tanah terdiri dari batuan dan mineral dengan berbagai ukuran dan susunan. Berdasarkan ukuran, dikenal fraksi utama yaitu : kerikil (>2 mm); pasir (2,0— 0,05 mm); debu (0,05-0,002 mm) dan liat (<0,002 mm). Fraksi i ni secara umum tersusun oleh mineral silikat sekunder (mineral liat tipe 1:1, 2:1 dan 2:2), mineral besi oksida dan aluminium oksida, serta mineral primer yang resisten (kuarsa dan mika).Perbedaan ukuran fraksi tanah dan kandungan bahan mineral serta bahan organik tanah menyebabkan setiap tanah di dunia memiliki perbedaan sifat baik secara fisik, kimia dan biologi .

Air mempunyai fungsi yang penting dalam tanah, antara lain pada proses pelapukan mineral dan bahan organik tanah, yaitu reaksi yang mempersiapkan hara larut bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, air juga berfungsi sebagai media gerak hara ke akar-akar tanaman. Akan tetapi, jika air terlalu banyak tersedia, hara-hara dapat tercuci dari daerah-daerah perakaran atau bila evaporasi tinggi, garam-garam terlarut mungkin terangkat kelapisan tanah atas. Air yang berlebihan juga membatasi pergerakan udara dalam tanah, menghalangi akar tanaman memperoleh oksigen sehingga dapat mengakibatkan tanaman mati. Setiap tanah mempunyai kadar air tanah kering udara, kadar air kapasitas lapang, dan kadar air maksimum yang berbeda-beda. Kadar air di dalam tanah dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah, kandungan bahan organik, kedalaman solum, iklim, tumbuhan, senyawa kimiawi, pupuk dan bahan amelioran.

Kandungan bahan mineral dan bahan organik tanah yang berukuran sangat halus (koloid tanah) sangat mempengaruhi sifat kimia tanah, utamanya pH, kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa, Partikel-partikel koloid yang sangat halus yang dikenal sebagai mikro sel pada umumnya bermuatan negatif, sehingga ion-ion yang bermuatan positif akan tertarik dan membentuk lapisan ganda ion.

Semua zat-zat organik dalam tanah, hidup atau mati, segar atau melapuk, senyawa sederhana atau yang kompleks, merupakan bagian dari bahan organik yang terdapat di tanah. Bahan organik sangat penting peranannya di dalam tanah karena ikut serta menentukan sifat fisik, kimia dan biologi tanah.Perombakan bahan organik menjadi humus dilakukan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut menyerap nitrogen bebas dari tanah dan udara, yangkemudian menghubungkannya dengan elemen lain dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman. Kesuburan alamiah tanah bergantung pada banyak sedikitnya hara yang dapat diberikan oleh bahan

induk. Untuk mencegah peurunan kesuburan tanah dilakukan pemupukan dengan pemilihan jenis pupuk yang tepat.

Setiap hari kita menginjak tanah, bilamana kita amati di sekitar kita tumbuh tanaman pepohonan maupun rumput-rumputan. Berbagai pertanyaan muncul tentang tanah yang kita injak dan tempat pohon dan rumput tersebut tumbuh. Mengapa tanaman dapat tumbuh di atas tanah dan dari mana asal tanah tersebut. Masih banyak keingintahuan kita tentang tanah yang perlu dijawab, mengingat keanekaragaman dari tanah itu sendiri misalnya tanah di pegunungan, di lembah maupun di sekitar pantai. Namun kalau mengacu pada kenyataan bahwa tanaman dapat tumbuh di atas tanah, maka tanah memiliki kemampuan memberikan makanan, air, maupun udara sehingga tanaman dapat hidup dan tumbuh.

Berdasarkan fakta tersebut, maka tanah dapat diartikan sebagai bahan atau massa yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik yang mendukung pertumbuhan tanaman di permukaan bumi. Tanah dapat menumbuhkan tanaman sebagai makanan bagi mahluk hidup (hewan dan manusia), yang menghasilkan kalori sebagai sumber energi maka tanah dinilai sangat penting perannya dalam kehidupanan.

Bagi seorang pertanian dan kehutanan tanah adalah material yang tidak padat yang terletak di permukaan bumi, sebagai media untuk menumbuhkan tanaman (SSSA, *Glossary of Soil Science Term*). Tanah sebagai tubuh alam mempunyai berbagai macam fungsi utama, diantaranya pertama sebagai media tumbuhan tanaman yang menyediakan hara dan air. Kedua sebagai gudang unsur-unsur hara makro dan mikro serta mengatur penyediaan bagi tanaman. Ketiga sebagai tempat tunj angan mekanik akar tanaman.

b. Asal mula tanah.

Pertanyaan yang logis adalah tanah itu terbentuk dari apa (faktor-faktor) apa dan bagaimana prosesnya. Beberapa faktor alamiah menunjukkan bahwa tanah merupakan bagian dari kulit bumi yang mengalami proses pelapukan biofisik-kimia dalam waktu yang sangat panjang. Proses-proses biofisik-kimia yang beragam dari setiap lokasi, menampakkan kondisi lingkungan tanah yang beraneka ragam

Perbedaan posisi bumi terhadap matahari secara langsung berpengaruh terhadap sifat-sifat bagian litosfer yang terangkat di permukaan air seperti diketahui bahwa berdasarkan letak bumi terhadap matahari, maka bumi di bagi dalam zona iklim yaitu tropis, sub tropis, dingin dan kutub. Ke-4 zona tersebut akan mengalami proses pelapukan yang berbeda karena berada pada ruang dengan batasbatas kondisi wilayah yang spesifik. Penjelasan tentang asal mula tanah ini perlu difahami, karena walaupun tanah bagian dari litosfer dari bumi, namun proses dan dinamika terbentuknya hanya berlangsung pada bagian litosfer yang mendapat pengaruh luar seperti penyinaran, udara, maupun air, suatu kondisi yang memungkinkan kelanjutan kehidupan berlangsung.

c. Tanah sebagai Media Tumbuh Tanaman

Untuk pertumbuhannya, tanaman memerlukan unsur hara, air, udara, dan cahaya. Unsur hara dan air diperlukan untuk bahan pembentuk tubuh tanaman. Udara dalam hal ini CO_2 ,dan air dengan bantuan cahaya menghasilkan karbohidrat yang merupakan sumber energi untuk pertumbuhan tanaman. Disamping faktor-faktor tersebut, tanaman juga memerlukan tunjangan mekanik sebagai tempat bertumpu dan tegaknya tanaman. Dalam hubungannya dengan kebutuhan hidup tanaman tersebut tanah berfungsi sebagai tunjangan mekanik sebagai tempat tanaman tegak

dan tumbuh, penyedia unsur hara dan air, lingkungan tempat akar atau batang dalam tanah melakukan aktivitas fisiknya.

Dalam sistem budidaya tanaman secara hidroponik. Dalam sistem ini sebagai media pertumbuhannya, tanaman tidak memerlukan tanah, tetapi berupa larutan unsur hara, dan agar tanaman berdiri tegak dibantu dengan penopang.

Tanah dari tempat ke tempat tanah berbeda. Misalnya pada lereng yang curam tanah tidak sedalam dan seproduktif seperti tanah yang terdapat di tempat yang datar. Sifat-sifat tanah yang dibentuk di daerah tropic akan berbeda dari tanah yang dibentuk di daerah sub-tropik. Selain itu kita juga harus mempelajari tentang morfologi tanah tersebut untuk meningkatkan kualitas tanah guna meningkatkan produktivitasnya.

Dalam bidang pertanian, tanah diartikan lebih khusus yaitu sebagai media tumbuhnya tanaman. Tanah berasal dari hasil pelapukan batuan bercampur dengan sisa-sisa bahan organik yang hidup diatasnya atau didalamnya, selian itu, di dalam tanah terdapat pula udara dan air. Tanah dalam bidang pertanian dan kehutanan memiliki fokus kajian yang berbeda dengan bidang lainnya, terutama kedalam tanah dan ukuran partikel tanah. Kedalaman tanah dalam pengertian pertanian dan kehutanan dibatasi pada bagian atas kulit bumi yang telah mengalami pelapukan dan adanya aktivitas biologi. Jika bagian yang telah mengalami pelapukan adalah dangkal, maka bagian tersebutlah dipakai sebagai batas kedalaman tanah. Sebaliknya, jika bagian yang telah mengalami pelapukan sangat dalam (4-6 m), maka tidak semua bahan lapuk tersebut disebut tanah, melainkan sampai kedalaman tempat terdapat aktivitas biologi. Pada umumnya, pembahasan tanah dalam bidang pertanian dibatasi pada kedalaman sekitar 2,0 m. Sedangkan dengan ukuran partikelnya, para pakar pertanian membatasi tanah pada partikel berukuran (0,02 – 2 mm).

a) Bahan Organik

Bahan organik umumnya ditemukan di permukaan tanah. Jumlahnya tidak besar, hanya sekitar 3-5% tetapi pengaruhnya terhadap sifat-sifat tanah besar sekali. Adapun pengaruh bahan organik terhadap sifat-sifat tanah dan akibatnya juga terhadap pertumbuhan tanaman adalah:

- Sebagai granulator, yaitu memperbaiki struktur tanah Sumber unsur hara N, P, S, unsur mikro dan lain-lain Menambah kemampuan tanah untuk menahan air.
- Menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara (KTK tanah menjadi tinggi).
- Sumber energi bagi mikroorganisme.

b) Air dan Udara.

Air terdapat di dalam tanah karena ditahan oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Udara dan air mengisi pori-pori tanah. Banyaknya pori-pori di dalam tanah kurang lebih 50% dari volume tanah, sedangkan jumlah air dan udara di dalam tanah berubah-ubah. Kelebihan dan kekurangan air dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Adapun kegunaan air bagi pertumbuhan tanaman adalah :

- Sebagai unsur hara tanaman. Tanaman memerlukan air dari tanah dan CO_2 dari udara untuk membentuk gula dan karbohidrat dalam proses fotosintesis.
- Sebagai pelarut unsur hara. Unsur-unsur hara yang terlarut dalam air diserap oleh akar-akar tanaman dari larutan.
- Sebagai bagian dari sel-sel tanaman. Air merupakan bagian dari protoplasma. Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi

c) Fungsi Lahan/Tanah

Sering kali orang-orang mendeskripsikan tanah (soil) dan lahan (land) sebagai dua hal yang sama jika akan dibuat definisinya. Namun, pada dasarnya kedua kata tersebut sangatlah berbeda. Jika membicarakan tentang tanah, maka akan membahas bahan penyusun tanah, sifat-sifat tanah baik fisik, kimia dan biologi. Pembahasan tentang tanah akan mengarahkan pada pengertian suatu bagian permukaan bumi yang sifatnya beragam dari satu tempat ke tempat lain. Lain halnya dengan pengertian lahan yang sifatnya lebih luas karena menyangkut berbagai faktor termasuk tanah. Jika membicarakan tentang lahan akan lebih mengarahkan kita pada sesuatu yang menyangkut tempat yang membicarakan tentang iklim, vegetasi, organisme termasuk manusia serta aspek manajemen yang diterapkan.

Tanah berfungsi sebagai tempat wisata atau rekreasi. Jika kita membahas peran ini, maka akan menuntun kita berpikir tentang lahan karena akan menilai suatu tempat beserta segala yang ada di tempat tersebut, termasuk nilai artistik, keindahan, mistik, budaya, manusia, alam, iklim dan hal-hal lainnya. Contoh : Danau Toba dengan Pulau Samosir dengan segala keindahan alam dan budaya yang ada di tempat tersebut telah menjadi petunjuk bagi kita bahwa lahan berfungsi lebih luas selain hanya sebagai tempat tumbuh tanaman semata.

Tanah dapat menjadi penyangga, sehingga jika terdapat senyawa-senyawa yang sifatnya meracun atau jumlahnya berlebihan, maka tanah berperan sebagai penyaring racun atau menetralisir bahan atau senyawa tersebut. Atau dengan kata lain tanah berperan dalam menanggulangi kasus polusi tanah dan tentunya air yang menjadi bagian penyusun utama tanah selain udara.

Tanah juga dijadikan sebagai tempat didirikannya bangunan, jembatan, landasan pesawat dan lain-lainnya. Olehnya itu, orang-orang

pekerjaannya berkecimpung dalam bidang teknik sipil, bangunan, sangat perlu untuk mengetahui sifat tanah dimana akan mendirikan bangunan.

Mengingat begitu banyaknya peran tanah atau lahan dalam kehidupan manusia dan organisme lainnya, maka perlu diperhatikan perencanaan tata guna lahan dengan tepat. Prinsip dan konsep keseimbangan biotik harus menjadi pertimbangan dalam pengelolaan lahan agar keberlanjutan/kelestarian fungsi lahan tetap terjaga dengan baik.

PROSES PEMBENTUKAN TANAH

a. Pendahuluan

Tanah dalam areal hutan akan bervariasi sebanyak faktor-faktor pokok yang mempengaruhi pembentukan tanah. Faktor independen dalam pembentukan tanah adalah bahan induk< iklim, topografi, organisme hidup dan waktu yang terlihat dalam pembentuk tanah.

Perubahan batuan induk menjadi bahan induk yang kemudian membentuk tanah, terjadi melalui proses pelapukan secara fisik, kimiawi dan biologi. Tanah disebut sebagai media yang dinamik disebabkan karena proses pelapukan fisik, kimiawi dan biologinya terus berlanjut tanpa pernah berhenti. Ketiga proses tersebut menjadi proses yang sangat penting dalam pembentukan tanah.

Cepat atau lambatnya ketiga proses pelapukan bekerja membentuk sebuah solum tanah dipengaruhi oleh jenis bahan induk, iklim, biota, topografi dan waktu. Proses dan faktor pembentuk tanah merupakan sebuah sistem yang terbuka, dimana dari sistem tersebut dapat terjadi pembentukan atau penambahan sebuah materi yang baru dan dapat juga menghilangkan sebuah materi. Oleh sebab itu dihasilkan tanah dengan karateristik yang berbeda-beda sesuai dengan tempat terbentuknya.

Proses pembentukan tanah menjelaskan tentang perubahan biofisik dan kimia yang menjadikan pelapukan pada bagian litosfer. Secara nyata tampak bahwa proses fisik secara alamiah dan langsung berpengaruh nyata terhadap pelapukan batuan melalui perubahan temperatur, peningkatan dan penurunan temperatur yang berpengaruh terhadap pemuaian dan penyusutan yang tidak seragam sehingga secara fisik terjadi retakan-retakan. Hasil retakan tersebut memberikan ruang yang memungkinkan air

masuk, hewan kecil masuk maka terjadilah proses kimia, seperti hidrolisa, terbetuknya garam serta matinya hewan-hewan kecil sebagai bahan organik. Proses-proses penyinaran, hujan, hidrolisis, kepunahan hewan berlangsung lamban tetapi pasti sehingga dalam periode tertentu tanah akan terbentuk.

Tanah yang terbentuk dari berbagai proses fisik, kimia dan biologi menghasilkan lapisan-lapisan yang berbeda dari suatu tempat ke tempat lainnya baik sifat fisik, kimia maupun sifat biologinya.

b. Proses Fisika

Proses fisika berupa proses pelapukan fisika dikenal juga dengan nama proses mekanik, hal ini disebabkan oleh proses perubahannya meliputi perubahan wujud/fisik dari suatu materi atau benda. Faktor yang berpengaruh dalam proses ini adalah: naik turunnya suhu, air dan aktivitas biota.

Batuan merupakan benda padat yang tidak dapat menghantarkan panas, tetapi batuan yang mengalami pemanasan secara kontinu akan menyimpan panas dalam tubuhnya yang berakibat terjadinya reaksi pada mineral-mineral penyusunnya. Mineral yang tersusun atas kristal-kristal akan merefleksikan panas yang diterima melalui bidang kristalnya sehingga kelebihan panas yang diterima dapat membuat mineral terbelah ataupun pecah baik melalui bidang belah ataupun tidak. Mineral-mineral yang terbelah ataupun pecah, memperlihatkan retakan pada tubuh batuan, yang sedikit-demi sedikit akan semakin besar sehingga batuan pecah menjadi ukuran yang lebih kecil.

Perbedaan suhu yang ekstrim juga dapat menyebabkan pelapukan fisik pada batuan. Hal ini dapat terjadi pada daerah beriklim kering, dimana suhu pada siang hari sangat tinggi dan pada malam hari sangat rendah. Hal

ini mengakibatkan batuan yang berwarna lebih gelap lebih cepat hancur dibanding batuan yang berwarna terang. Batuan yang berwarna gelap akan menyerap lebih banyak panas pada siang hari dan lambat mengeluarkannya pada malam hari sehingga reaksi pada kristal mineralnya akan lebih intens terjadi sehingga batuan lebih mudah hancur.

Gambar 20. Profil tanah

Pada gambar di atas kenampakan profil tanah dengan horison-horisonnya, setiap horison memiliki sifat fisik, kimia dan biologi yang berbeda. Bahan mineral dicirikan dengan warna yang terang dan bahan organik dengan warna yang gelap.

Proses perubahan suhu udara dapat menimbulkan hujan. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi memiliki tenaga mekanik yang dapat mengikis permukaan batuan dan mempercepat pelapukan fisik. Proses pengisian celah retakan pada batuan oleh air dapat mempercepat penghancuran batuan. Terlebih pada daerah yang beriklim dingin, dimana air yang mengisi celah akan membeku yang mengakibatkan pertambahan volume, sehingga batuan menjadi mudah dihancurkan. Pengangkutan batuan dari suatu tempat ke tempat lain oleh air juga dapat menyebabkan pelapukan secara fisik. Akar-akar tanaman masuk ke dalam batuan melalui rekahan-

rekahan yang kemudian berkembang mempunyai kekuatan yang sangat besar untuk menghancurkan batuan tersebut

c. Proses kimiawi.

Proses kimiawi yang terjadi dalam pelapukan tanah antara lain hihratasi, oksidasi, karbonatasi, hidrolisis dan pelarutan. Batuan induk dan bahan induk tanah di seluruh dunia beraneka ragam, sehingga ada daerah yang banyak ditemukan almonium, ditemukan batu bara, ditemukan batu kapur, batu granit dsb, Batuan induk tanah dari waktu ke waktu mengalami proses kimia akan mengalami penguraian dan membetuk komponen tanah dengan susunan yang berbeda,

Hidratasi; proses penambahan molekul air dalam struktur mineral, tetapi molekul air yang masuk ke dalam struktur mineral tidak terdisosiasi.

Contoh :		
$Fe_2O_3 + 3H_2O$ -	→	$2Fe_2O_3 . 3H_2O$
Hematite merah		Hematit kuning
$CaSO_4 + 2H_2O$	→	$CaSO_4 . 2H_2O$
Anhidrit		Gipsum

Oksidasi dan reduksi; proses penambahan dan pengurangan oksigen yang berakibat pada bertambah atau berkurangnya elektron (muatan negatif) dalam penguraian dan pembentukan mineral.

$2FeS_2 + 7H_2O + 15O$ --+ $2Fe(OH)_3 + 4H_2SO_4$	
Pirit	Geotit

Karbonatasi dan Asidifikasi; adalah proses pelapukan kimia akibat reaksi mineral dengan Asam. Asam ini dihasilkan dari reaksi CO2 yang dihasilkan

dari dekomposisi bahan organik dan air hujan dengan air tanah. Meskipun H2CO3 yang dihasilkan dari dari bahan organik merupakan asam lemah (mudah terurai menjadi gas CO_2 dan H_2O), tetapi sangat efektif meningkatkan kerapuhan kristal mineral.

Contoh:

$2KAlSi_3O_8 + 2H_2CO_3$		→	$H_4Al_2Si_2O_8 + K_2CO_3 + 4SiO_2$	
Orthoklas	Asam karbonat		Kaolin	Kuarsa

Hidrolisis; adalah proses pergantian kation dalam struktur kristal mineral oleh ion H+ dari molekul H2O.

Contoh :

$2KAlSi_3O_8 + H2O$	→	$H_4Al_2Si_2O_8$+ KOH	
Orthoklas	Kaolin	Kalium hidroksida	

Pelarutan; adalah proses pelapukan kimia oleh media Air, terutama air yang mengandung ion-ion seperti: CO_2, HCO_3-, NO_3^-, dan asam-asam lainnya. Air, selain menjadi media dalam meningkatkan pelarutan mineral juga sebagai media dalam melarutkan (leaching) hasil penguraian senyawa dari mineral dan bahan organik. Proses podsolisasi (horizon A yang berwarna pucat), dan desilikasi (pengurangan silika dari horison) terjadi akibat intensnya proses pencucian. Sedangkan akibat sebaliknya dari proses pencucian terjadi penumpukan hasil pencucian pada horison yang lebih dalam berupa proses salinisasi dan alkalinisasi (penumpukan garamgaraman) serta proses ferrolisis (penimbunan besi dan aluminium yang membentuk mineral sesquioksida).

d. Proses Biologi

Faktor utama dalam proses biologi adalah aktivitas dekomposisi bahan organik oleh mikroba di dalam tanah yang mengubah N-organik menjadi N-anorganik sebagai bahan penyusun tubuh mikroba. Proses ini akan menghasilkan asam organik yang mempercepat proses pelapukan kimia mineral. Selain itu untuk melindungi akar tanaman dari bakteri yang merugikan maka akar tanaman juga menghasilkan asam-asam organik yang dapat mempercepat pelapukan kimia dan fisik pada batuan.

e. Horisonisasi

Pembentukan horison tanah dihasilkan dari kehilangan, transformasi, dan translokasi sepanjang waktu tertentu pada bahan induk. Contoh sejumlah proses penting yang menghasilkan horison tanah antara lain :

- penambahan bahan organik dari tanaman terutama pada topsoil
- transformasi yang diwakili oleh pelapukan batuan dan mineral dan dekomposisi bahan organik
- hilangnya/larutnya komponen dapat larut oleh pergerakan air melalui tanah yang membawa serta garam-garam dapat larut
- translokasi yang diwakili oleh pergerakan mineral dan bahan organik dari topsoil ke subsoil

f. Pembentukan Horison A dan C

Pengaruh dekomposisi bahan organik. Humifikasi membentuk humus pada topsoil yang turut mempengaruhi warna dari topsoil yang lebih gelap dibanding lapisan dibawahnya. Topsoil ini kemudian dikenal dengan horison A. Terkadang horison A disebut Ap, huruf p menunjukkan pembajakan, atau penggunaan tanah untuk diolah, budidaya atau sebagai

lahan pertanian. Horison yang tepat berada langsung diatas bagian bahan induk yang telah mengalami perubahan disebut sebagai horison C

Pembentukan horison E (Eluviasi) atau horison pencucian yang lebih banyak terjadi pada tanah-tanah hutan dibandingkan di daerah padang rumput. Warna horison E biasanya lebih terang (putih)

Pembentukan horison O pada tanah-tanah organik yang pada umumnya terbentuk didaerah yang sering tergenang air seperti danau dengan air dangkal, rawa-rawa yang memungkinkan terakumulasinya gambut (bahan organik) akibat kurangnya oksigen yang membantu proses dekomposisi. Tanah yang terbentuk kemudian dikenal sebagai tanah organik yang mempunyai horison O.

g. Faktor -Faktor Pembentuk Tanah

Bahan induk (parent material). Tanah-tanah yang terbentuk berdasarkan proses pelapukan batuan dikenal sebagai tanah mineral yaitu tanah-tanah yang mengandung unsur-unsur hara yang berkaitan dengan sifat-sifat tanah dilihat dari berbagai faktor.

Bahan induk mempunyai pengaruh besar terhadap kesuburan dan kandungan mineral tanah. Tingkat kekerasan bahan induk dapat dijadikan prediksi dalam menilai laju pembentukan tanah.

Laju pembentukan tanah dari bahan induk yang berasal dari batuan metamorf berjalan sangat lambat. Hal ini disebabkan batuan metamorf memiliki tekstur dan struktur batuan yang sangat kompak (masif) serta mineral yang sangat resisten. Batuan metamorf terbentuk dari hasil rekrsitalisasi ulang dari mineral yang terdapatdalam batuan beku dan sedimen, sehingga menghasilkan mineral yang memiliki kristal yang kompak karena terbentuk dari temperatur dan tekanan yang tinggi.

Laju pembentukan tanah dari bahan induk yang berasal dari batuan beku bervariasi kecepatannya. Hal ini diepngaruhi oleh jenis magma asal pembentukan, ukuran kristal mineral dan kandungan mineral. Jenis magma asal akan memberikan perbedaan: kandungan kadar silika, kandungan mineral, warna batuan dan sifat batuan. Ukuran kristal akan memberikan perbedaan temperatur pembentukan dan perbedaan tekstur batuan. kandungan mineral dipengaruhi oleh temperatur pendinginan magma dan kandungan silika magma.

Laju pembentukan tanah dari pelapukan langsung cukup bervariasi. Batupasir yang sementasinya lemah, pada lingkungan basah dapat membentuk rata-rata 1 cm tanah per 10 tahun. Batuan kapur yang mudah larut meninggalkan residu berupa bahan yang sulit larut yang diperkirakan mencapai 100,000 tahun untuk membentuk lapisan tanah pada daerah dengan batuan induk kapur di daerah basah.

Bahan induk yang diturunkan dari sedimen dibawa oleh air, angin, atau gravitasi. Sedimen koluvial terjadi pada lereng terjal dimana gravitasi adalah kekuatan utama yang menyebabkan pergerakan dan sedimentasi. Sedimen alluvial umumnya ditemui pada daerah yang lebih landai, oleh karena penyebarannya oleh banjir dan aliran sungai. Contoh: kebanyakan tanah-tanah pertanian di lembah dimana alluvial adalah bahan induk yang dominan. Sedimen abu volkanik sebagai bahan induk juga dapat ditemui. Bahan induk ini bersifat amorf mengandung alofan, oksida besi dan aluminium.

Disamping batuan induk sebagai bahan induk pembentukan tanah, dikenal juga adanya bahan induk organik, yaitu bahan induk yang terdiri dari pelapukan sisa tanaman, hewan dan sisa lainnya yang melapuk pada kondisi anaerob karena kondisi geomorfologi yang terbentuk secara alamiah. Terdapat perbedaan nyata dari profil tanah-tanah mineral dan tanah organik. Pada tanah mineral terdapat perbedaan perbedaan batas

horizon nyata sebagai hasil pelapukan, serta proses pelapukan dan pencucian. Pada profil tanah organik, perbedaan horizon ditampakkan oleh tingkat pelapukan bahan organik yang belum melapuk, sedang melapuk atau sudah melapuk, tidak jelas hubungan antar horizon dalam suatu profil pada tanah-tanah organik, karena proses pelapukan tidak berada pada perbedaan lingkungan yang nyata. Misalnya kondisi jenuh/ lembab yang terjadi pada lapisan bawah, juga dapat terjadi pada lapisan permukaan. Berdasarkan kondisi geomorfologi yang terbentuk secara alamiah menunjukkan bahan penyebaran tanah-tanah organik di Indonesia cukup luas meliputi Sumatera, Kalimantan, Papua dan sebagian kecil di Sulawesi bagian tengah.

Iklim sangat berpengaruh terhadap pembentukan tanah. Pada area yang permanen kering dan atau membeku (frozen) (pengaruh es), tanah sulit terbentuk. Dua komponen iklim yang sangat berpengaruh adalah curah hujan dan temperatur.

h. Pengaruh hujan

Air penting untuk pelapukan mineral dan pertumbuhan tanaman. Air yang melebihi kapasitas lapang akan berperan dalam membawa/translokasi partikel koloid dan garam-garam terlarut. Suplai air yang terbatas pada daerah gurun akan membentuk tanah alkalin, relatif sulit terlapuk, mempunyai kandungan liat, bahan organik dan KTK yang rendah. Secara umum tanah-tanah di daerah arid dan subhumid cenderung lebih subur kecuali jika terbatas mikroba untuk mineralisasi bahan organik dan untuk mensuplai N tersedia. Jika air tersedia hanya cukup untuk pencucian yang terbatas, maka $CaCO_3$ terbawa sampai pada jarak yang pendek saja sehingga terbentuk zone akumulasi $CaCO_3$.

Peningkatan curah huj an berkorelasi positif dengan lebih besarnya/tingginya pencucian kapur dan kedalaman lapisan k (akumulasi kapur) makin meningkat, perkembangan/meningkatnya kemasaman tanah, pencucian dan kandungan liat, pertumbuhan tanaman dan bahan organik

i. Pengaruh Temperatur

"Setiap kenaikan temperatur 10^{o}C akan mengakibatkan meningkatnya laju reaksi kimiawi menjadi dua kali lipat ". Meningkatnya pelapukan dan pembentukan liat terjadi seiring dengan meningkatnya temperatur. Hubungan antara rata-rata temperatur dan pertumbuhan tanaman serta akumulasi bahan organik cukup kompleks. Kandungan bahan organik tanah adalah j umlah antara hasil penambahan bahan organik+laju mineralisasi bahan organik+kapasitas tanah melindungi bahan organik dari mineralisasi .

Tanaman mempengaruhi proses pembentukan tanah melalui produksi bahan organik, siklus hara dan pergerakan air melalui siklus air. Mikroorganisme memainkan peran penting dalam mineralisasi bahan organik dan pembentukan humus. Fauna tanah adalah konsumer dan dekomposer bahan organik terutama pergerakan cacing tanah, rayap dll.

Pengaruh organisme yang penting terhadap proses pembentukan tanah disebabkan oleh vegetasi alami baik pohon maupun padang rumput. Pengaruh vegetasi terhadap pencucian dan eluviasi. Perbedaan spesies tanaman mempengaruhi perkembangan tanah. Spesies yang menjerap sejumlah basa-basa seperti kation Ca, Mg, K, dan Na akan memperlambat terjadinya kemasaman tanah oleh karena tanaman mendaur ulang kation-kation ini lebih banyak ke permukaan tanah melalui penambahan bahan organik.

j. Peranan Binatang/Fauna dalam pembentukan tanah

Peran binatang dalam proses pembentukan tanah cukup besar seperti halnya peran cacing tanah, rayap (termites) yang mampu membangun rumah dari partikel tanah yang dibawa dari lapisan bawah tanah dan kemudian membentuk morfologi tertentu di permukaan.

k. Peran manusia terhadap pembentukan tanah

Manusia berperan dalam pembentukan tanah melalui aktivitasnya seperti pemanfaatan lahan untuk kegiatan pertanian yang membajak, membalikkan tanah, pemupukan, menyumbang bahan organik dan aktivitas pertanian lainnya yang mempengaruhi terbentuknya tanah. Hal ini ditunjukkan dengan terdapatnya lapisan permukaan yang terbentuk akibat aktivitas manusia yang dikenal sebagai epipedon antropik dan plaggen.

l. Topografi (Relief)

Topografi yang dimaksud adalah konfigurasi permukaan dari suatu area/wilayah. Perbedaan topografi akan mempengaruhi jenis tanah yang terbentuk. Tanah pada daerah lereng, infiltrasi kurang dibandingkan kehilangan melalui runoff, sedangkan pada daerah datar atau rendah, menerima kelebihan air yang menyediakan air lebih banyak untuk proses pembentukan tanah.

m. Pengaruh slope/lereng

Kemiringan dan panjang lereng berpengaruh pada proses pembentukan tanah. Semakin curam lereng makin besar runoff dan erosi tanah. Hal mengakibatkan terhambatnya pembentukan tanah oleh karena pertumbuhan tanaman terhambat dan sumbangan bahan organik juga lebih

kecil, pelapukan menjadi terhambat begitu pula dengan pembentukan liat. Disamping itu, pencucian dan eluviasi berkurang. Dengan kata lain tanah lebih tipis dan kurang berkembang di daerah lereng.

n. Pengaruh tinggi muka air dan drainase

Tanah mempunyai drainase baik pada slope yang muka air tanah jauh dibawah permukaan tanah. Tanah yang berdrainase buruk ditandai dengan muka air yang muncul di permukaan tanah yang menyebabkan terjadinya kondisi anerobik dan reduksi. Tanah yang berdrainase buruk mempunyai horison A biasanya berwarna gelap olehkarena tingginya bahan organik, tapi horison bawah permukaannya cenderung kelabu (grey). Tanah berdrainase baik, mempunyai horison A yang warnanya lebih terang, dan horison bawahnya seragam lebih gelap.

o. Waktu.

Berkaitan dengan waktu pembentukan tanah, maka dikenal tanah muda, tanah dewasa dan tanah tua. Seiring dengan waktu, pembentukan lapisan tanah akan menunjukkan umur tanah tersebut. Proses pembentukan tanah jauh lebih singkat dibanding proses pembentukan batuan. Tanah yang muda ditunjukkan dengan masih tipisnya lapisan tanah dan terkadang tersusun atas 2 horison atau 1 horison langsung diatas batuan. Tanah tua ditunjukkan dengan solum yang dalam, horison biasanya lengkap dan telah menunjukkan adanya horison eluviasi dan iluviasi baik penimbunan liat, oksida-oksida besi, dan bahan organik.

LAPISAN TANAH

a. Pendahuluan

Jika tanah digali secara vertikal, maka tampak adanya perbedaan antara tanah bagian atas dan bagian dibawahnya yang lebih dalam. Jika diperhatikan lebih pada penampang tegaknya, akan terlihat laisan-lapisan dengan arah sejajar permukaan kulit bumi yang relatif mudah dibedakan satu sama lainnya. Lapisan-lapisan ini dalam ilmu tanah disebut horizon. Horizon tanah yang berada diatas bahan induk disebut solum tanah.

Gambar 21. Profil/Irisan tegak tanah.

Lapisan tanah bagian atas pada umumnya mengandung bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan lapisan tanah dibawahnya. Karena akumulasi bahan organik dari seresah tumbuhan inilah maka lapisan tanah tersebut berwarna gelap dan merupakan lapisan tanah yang subur sehingga merupakan bagian tanah yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Lapisan tanah atas disebut juga *top soil* atau disebut pula sebagai lapisan olah, dan mempunyai kedalaman sekitar 20 cm. Lapisan tanah dibawahnya, yang disebut lapisan tanah-bawah (subsoil) berwarna lebih terang dan bersifat relatif kurang subur. Hal ini bukan

berarti bahwa lapisan tanah bawah tidak penting perannya bagi produktivitas tanah, karena sifat-sifat kimia lapisan tanah bawah akan sangat berpengaruh terhadap lapisan tanah atas dalam peranannya sebagai media tumbuh tanaman.

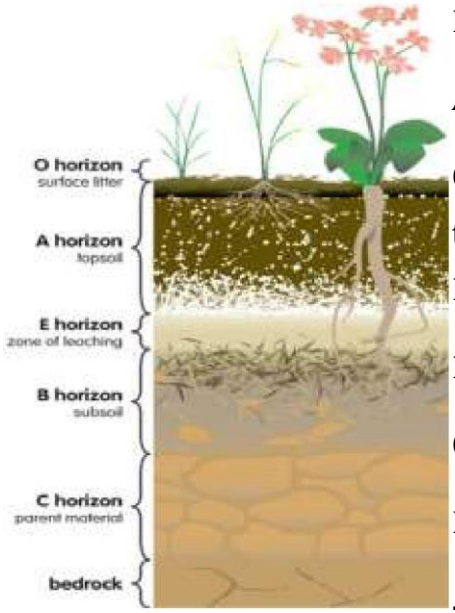
Pertanyaan yang logis tentang tanah adalah tanah itu terbentuk dari apa (faktor-faktor) dan bagaimana prosesnya. Beberapa faktor alamiah menunjukkan bahwa tanah merupakan bagian dari kulit bumi yang mengalami proses pelapukan secara fisika, kimia dan biologis dalam jangka waktu yang sangat panjang. Proses-proses biofisik-kimia yang beragam dari setiap lokasi, menampakkan kondisi lingkungan tanah yang beraneka ragam. Perbedaan posisi bumi terhadap matahari secara langsung berpengaruh terhadap sifat-sifat bagian lithosfer yang terangkat di permukaan air seperti diketahui bahwa berdasarkan letak bumi terhadap matahari, maka bumi di bagi dalam zona iklim yaitu tropis, sub tropis, dingin dan kutub. Ke-4 zona tersebut akan mengalami proses pelapukan yang berbeda karena berada pada ruang dengan batas-batas kondisi wilayah yang spesifik.

b. Horizon Tanah

Huruf kapital O, A, E, B, C, R merupakan simbol-simbol untuk horizon utama dan lapisan utama tanah. Huruf-huruf kapital ini merupakan simbol dasar, yang dapat diberi tambahan karakter-karakter lain untuk melengkapi penamaan horizon dan lapisan.

Horizon O adalah lapisan yang didominasi oleh bahan organik. Sebagian jenuh air dalam periode yang lama, atau suatu ketika pernah jenuh air, tetapi sekarang telah didrainase, sebagian yang lain tidak pernah mengalami jenuh air. Sebagian besar horizon O tersusun dari serasah segar yang belum terdekomposisi atau sebagian telah terdekomposisi yang telah

tertimbun di permukaan. Serasah seperti ini dapat berada di atas permukaan tanah mineral atau tanah organik.



Keterangan :

A : Horizon Organik

O : Horizon pencampuran bahan organic terhumifikasi dengan bahan mineral E : Horizon pencucian (eluviasi)

B : Horizon penumpukan (iluviasi)

C : Bahan induk

R : Batuan induk

.

Gambar 22. Profil Tanah

Horizon A adalah horizon mineral yang terbentuk pada permukaan tanah atau di bawah suatu horizon O. Horizon ini memperlihatkan kehilangan seluruh atau sebagian besar struktur batuan asli dan menunjukkan salah satu atau kedua sifat berikut yaitu akumulasi bahan organik terhumifikasi yang bercampur sangat intensif dengan fraksi mineral, dan tidak di dominasi oleh sifat-sifat yang merupakan karakteristik horizon E atau B. sifat-sifat yang merupakan akibat dari pengolahan tanah, pengembalaan ternak atau jenis jenis gangguan lain yang serupa.

Horizon E adalah horizon mineral yang kenampakan utamanya adalah kehilangan liat silikat, besi, alumunium atau beberapa kombinasi senyawa-senyawa tersebut, meninggalkan suatu konsentrasi partikel-partikel pasir dan debu. Horizon ini memperlihatkan lenyapnya seluruh atau sebagian terbesar dari struktur batuan aslinya. Horizon E dibedakan dari horizon B di bawahnya dalam sequm tanah sama , oleh warna dengan *value* lebih

tinggi atau *chrome* lebih rendah , atau kedunya, oleh tekstur yang lebih kasar atau oleh suatu kombinasi dari sifat-sifat tersebut.

Horizon B dalah horizon-horison yang terbentuk di bawah suatu horizon A, E atau O. horizon-horison ini didominasi oleh lenyapnya seluruh atau sebagian terbesar sari struktur batuan asli nya, dan memperlihatkan satu atau lebih sifat-sifat seperti konsentrasi atau penimbunan secara aluvial dari liat silikat, senyawa besi, senyawa alumunium, humus, senyawa karbonat, gispsum, atau silika, secara mandiri atau dalam kombinasi . Tanda- tanda atau gejala adanya pemindahan atau penambahan senyawa karbonat. Konsentrasi oksidan-oksidan secara residu. Penyelaputan sesquioksida yang mengakibatkan horizon terlihat j elas menpunyai value warna lebih rendah, *chrome l*ebih tinggi atau *hue* lebih merah tanpa proses iluviasi semyawa besi yang terli hat j elas.

Horizon C adalah horison atau lapisan, tidak termasuk batuan dasar yang lebih keras dan tersementasi kuat, yang dipengaruhi sedikit oleh proses pedogenik, serta tidak memiliki sifat-sifat horizon O, A, E, atau B. sebagian terbesar merupakan lapisan-lapisan mineral. Bahan lapisan C mungkin dapat serupa atau tidak serupa dengan bahan dari mana solum diperkirakan telah terbentuk. Suatu horizon C mungkin saja telah mengalami perubahan, walaupun tidak terdapat tanda-tanda adanya proses pedogenesis.

Horizon R adalah batuan dasar tersementasi kuat sampai mengeras.granit, basal, kuarsit, batugamping, dan batupasir adalah contoh batuan dasar yang diberi symbol dengan huruf R. lapisan R cukup kompak j ika lembab sehingga cukup sul it di gali dengan sekop walaupun lapisan tersebut dapat pecah berkeping-keping.

c. Tanah sebagai Sistem Tiga Fase

Sebagai benda alam, tanah merupakan sistem tiga fase yang selalu berada dalam keseimbangan dinamis. Ketiga fase tersebut adalah fase padat, fase cair dan fase gas, merupakan sistem yang selalu berubah tetapi selalu berada dalam keadaan seimbang. Pada keadaan kering, misalnya rongga yang ditempati udara tanah lebih banyak dibandingkan rongga yang ditempati cairan. Jika tanah tersebut basah baik terjadi akibat pengairan atau hujan, maka rongga yang berisi udara berkurang dan rongga yang berisi cairan bertambah. Jika tanah digemburkan, misalnya dengan pengolahan tanah, maka bagian relatif yang terisi oleh udara bertambah, dan bagian relatif padatan berkurang. Sebaliknya, jika tanah dipadatkan, bagian relatif padatan bertambah, dan bagian relatif udara berkurang. Aktivitas manusia dan aktivitas silvikultur dan pengusahaan hutan akan berpengaruh terhadap kesetimbangan dinamis tanah.

d. Susunan Tubuh Tanah

Tanah tersusun dari 3 bahan utama yaitu : bahan padatan (bahan mineral dan bahan organik), air dan udara. Bahan-bahan penyusun tanah tersebut jumlahnya masing-masing berbeda untuk setiap jenis tanah ataupun setiap lapisan tanah.Padatan terdiri dari bahan mineral dan organik, menempati separuh volume. Bahan mineral yang berasal dari hancuran batuan induk menempati sekitar 45% dan bahan organik dari dekomposisi jasad mikro mati menempati 5% volume. Separuh sisanya diisi oleh cairan dan elektrolit-elektrolit larut, serta udara dengan volume berfluktuasi menurut banyaknya cairan tersebut.

1) Bahan Mineral

Berdasar pada ukuran partikel, bahan mineral terbagi atas tiga fraksi: pasir, debu, dan liat. Perbandingan bobot masa relatif ketiga fraksi ini

disebut tekstur tanah. Ukuran masing-masing fraksi menurut USDA dan ISSS disajikan pada Tabel 1. Diketahui bahwa komponen mineral tanah paling kasar berukuran 2 mm. Fraksi lebih besar seperti kerikil atau koral tidak termasuk komponen tanah, tetapi merupakan fraksi batuan induk. Berdasar hal tersebut, bila kita ingin menggunakan tanah dalam penelitian maka diperlukan ayakan berukuran 2 mm agar komponen bukan tanah dapat dipisahkan.Bahan mineral yang lebih besar dari 2 mm terdiri dari kerikil, kerakal atau batu.

Secara sederhana, tanah didominasi fraksi pasir akan membentuk struktur lepas dan drainase baik. Akan tetapi, daya pegang air dan hara rendah sehingga tanah miskin unsur hara dan cenderung kekurangan air. Tanah didominasi fraksi liat mempunyai sifat lekat dan berstruktur masif sehingga drainase jelek. Meskipun umumnya tanah-tanah liat relatif kaya unsur hara, namun masalah yang dihadapi adalah pengolahan berat dan memerlukan perbaikan drainase.

Tabel 8. **Klasifikasi Partikel Tanah Men urut USDA dan ISSS*)**

Fraksi	Batas Ukuran Partikel (mm)	
	USDA	ISSS
Pasir Sangat kasar	2.00 – 1.00	---
Pasir Kasar	1.00 – 0.50	2.00 – 0.20
Pasir Sedang	0.50 – 0.25	---
Pasir Halus	0.25 – 0.10	0.20 – 0.02
PasirSangat Halus	0.10 – 0.05	---
Debu	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Liat	<0.002	<0.002

*) USDA = *United States Dapartement ofAgriculture*

ISSS = *International Society of Soil Science*

Fraksi debu lebih halus dari pada pasir, dengan ciri dalam keadaan lembab tidak begitu lekat dan lebih mudah diolah namun mudah mengalami erosi oleh air maupun angin. Bila ketiga fraksi berada dalam keadaan relatif seimbang, maka akan terbentuk tekstur berlempung (*loamy*). Tanah-tanah berlempung ideal untuk dijadikan lahan pertanian. Di antara ketiga fraksi, liat merupakan fraksi koloidal yang mampu mengendalikan berbagai sifat kimia maupun fisika-kimia tanah.

2) Bahan Organik

Bahan organik umumnya ditemukan di permukaan tanah. Jumlahnya tidak besar, hanya sekitar 3-5% tetapi pengaruhnya terhadap sifat-sifat tanah besar sekali. Adapun pengaruh bahan organik terhadap sifat-sifat tanah dan akibatnya juga terhadap pertumbuhan tanaman adalah sebagai granulator, yaitu memperbaiki struktur tanah Sumber unsur hara N, P, S, unsur mikro dan lain-lain, menambah kemampuan tanah untuk menahan air, menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara (KTK tanah menjadi tinggi) dan sebagai umber energi bagi mikroorganisme.

Bahan organik menyebabkan warna gelap pada lapisan tanah, terutama pada bagian atas (*top soil*). Komponen ini berasal dari dekomposisi sisa-sisa jasad mikro hidup yang mati. Disebut bahan organik apabila sisa-sisa jasad mikro telah mengalami dekomposisi menjadi bahan halus sukar dikenali asalnya. Sisa tanaman yang belum memengalami dekomposisi sempurna disebut serasah atau seresah (*litter*). Pemisahan menggunakan ayakan berukuran 2 mm seperti pada fraksi mineral, berlaku pula dalam membedakan bahan organik dari seresah. Bahan organik tanah ada yang sukar mengalami dekomposisi dan ada yang mudah.

a. Pendahuluan

Tanah dari satu tempat ke tempat lain berbeda-beda. Perbedaan tanah sangat ditentukan perbedaan karakteristik tanah sehingga dikelompokkan dalam kelas berbeda. Sistem klasifikasi di dunia cukup banyak, namun yang banyak digunakan saat ini adalah sistem klasifikasi menurut Soil Taxonomy (USDA, 1975). Sistem klasifikasi yang digunakan berdasarkan faktor pembeda dan horison diagnostic (epipedon, sub-surface dan sifat penciri lainnya).

Sifat tanah berbeda-beda, baik warna, tekstur dan sifat lainnya. Kita akan mengenal tanah yang berwarna hitam, merah atau bertekstur pasir, debu, liat dan lain-lain sehingga sangat penting bagi kita untuk mengelompokkan tanah-tanah tersebut ke dalam suatu kelompok tertentu atau perlu untuk diklasifikasikan agar dapat dibedakan satu sama lainnya. Pengkelasan ini sangat penting artinya dalam penentuan pengelolaan tanah sehingga tanah dapat tepat penggunaan dan manajemennya.

b. Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah yang dikenal di Indonesia cukup beragam, namun yang sering digunakan adalah 3 sistem yaitu Pusat Penelitian Tanah Bogor, FAO/UNESCO dan, USDA yang dikenal sebagai *SOIL TAXONOMY (1975)*

1) Sistem Pusat Penelitian Tanah Bogor

Sistem ini merupakan hasil modifikasi dari sistem Dudal-Soepraptohardjo (1957) oleh Pusat Penelitian Tanah di Bogor pada tahun 1978-1982.. Sistem ini hanya berlaku di Indonesia, tetapi sistem ini memiliki kesamaan dengan sistem yang berkembang di Amerika

Serikat yang dipopulerkan oleh Baldwin, Kellog, dan Throp, (1938), serta Thorp dan Smith (1949) dengan beberapa modifikasi.

Modifikasi yang dilakukan oleh Pusat Penelitian Tanah meliputi; penghilangan warna tanah sebagai kriteria penciri pada kategori Macam. Hal Ini dikarenakan warna tanah tidak memperlihatkan sifat lain yang nyata dari tanah. Selain itu terjadi perubahan nama tanah dari Podsolik Merah Kuning menjadi Podsolik, Hidrosol dan Tanah Sawah dihilangkan dalam sistem klasifikasi tanah.

Tabel 9. Klasifikasi Tanah menurut Dudal-Soepraptohardjo dan PPT

Dudal-Soepraptohardjo (1957)	**Modifikasi Pusat Penelitian Tanah (1978-1982**
Tanah aluvial Andosol Tanah Hutan Coklat Grumusol Latosol Litosol Mediteran Organosol Podsol Podsolik Merah Kuning Podsolik Coklat Podsolik Coklat Kelabu Regosol Renzina	Tanah aluvial(endapan, alluvial soil) Andosol Kambisol(Brown Forest Soil) Grumusol Kambisol, Latosol,Lateritik Litosol Mediteran Organosol Podsol Podsolik Kambisol Podsolik Regosol Renzina

2) Sistem FAO/UNESCO

Sistem ini dikembangkan oleh badan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), utamanya oleh FAO dan UNESCO dalam rangka pembuatan peta tanah dunia bersekala 1:5.000.000. Sistem ini dibagi dalam 2 kategori, dimana kategori pertamanya setara dengan great soil grup dan kategori kedua setara dengan subgroup dalam Taksonomi Tanah USDA.

3) Sistem USDA

Sistem yang dikembangkan oleh Amerika Serikat dengan nama Soil Taxonomy (1975) menggunakan 6 kategori yaitu Ordo (Tabel 2), Sub-ordo, Great Soil Group, Subgroup, Family dan Seri.

Tabel 10. Ordo Tanah menurut sistem Soil Taxonomy beserta sifat pencirinya masingmasing

ORDO	PENCIRI UTAMA	
	HORISON PENCIRI	SIFAT PENCIRI LAIN
ENTISOL	Epipedon okrik, histik	-
INCEPTISOL	Horison kambik	-
ALFISOL	Horison argilik	Kejenuhan basa >35%
ULTISOL	Horison argilik	Kejenuhan basa <35%
OXISOL	Horison oksik	-
SPODOSOL	Horison spodik	-
MOLLISOL	Epipedon molik	KB seluruh solum >50%
ARIDISOL	-	Regim kelembaban aridik
VERTISOL	-	Sifat vertik
HISTOSOL	Epipedon histik >40cm	-
ANDISOL	-	Sifat andik
GELISOL	-	Sifat gelik (membeku sepanjang tahun)

Perbandingan ke tiga sistem klasifikasi dari PPT Bogor, FAO/UNESCO dan USDA/Soil Taksonomi tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 11. Penamaan Tanah menurut sistem FAO, PPT Bogor dan USDA

PPT	FAO/UNESCO	USDA/SOIL TAXONOMY
1. Tanah alluvial	1. Fluvisol	1. Entisol, I
2. Andosol	2. Andosol	Andisol
Kambisol	3. Cambisol	3. Inceptisol
4. Grumusol	4. Vertisol	4. Vertisol
5. Latosol	5. Nitosol	5. Ultisol
6. Lateritik	6. Ferralsol	6. Oxisol
7. Litosol	7. Lithosol	7. Entisol
8. Mediteran	8. Luvisol	8. Alfisol,
9. Organosol	9. H istosol	9. H istosol
10. Podsol	10. Podsol	10. Spodosol
11. Podsolik	11. Acrisol	11. Ultisol
12. Regosol	12. Regosol	12. Entisol
13. Rendzina	13. Rendzina	13. Rendoll
14. Ranker	14. Ranker	14. Entisol
15. Gleisol	15. Gleysol	15. Aquic
16. Planosol	16. Planosol	16. Alfisol (Aqualf)

SIFAT FISIKA TANAH

a. Pendahuluan

Sebagai tubuh alam, sifat fisik, kimia, biologi tanah sangat berpengaruh pada kegiatan pertanian. Faktor fisik tanah yang sangat berpengaruh kegiatan pertanian antara lain tekstur, struktur, konsistensi, kapasitas memegang air, kapasitas infiltrasi, permeabilitas, drainase, kedalaman efektif, dsb. Faktor kimia tanah yang penting adalah kandungan hara tersedia makro dan mikro, pH tanah, kandungan bahan organic, kapasitas tukar kation, kadar bahan beracun (Al-dd) dsb. Sedangkan faktor biologi yang penting adalah jumlah dan aktifitas organisme dalam tanah. Tindakan-tindakan terhadap tanah, umumnya ditujukan untuk menambah dan menjamin keseimbangan hara dan bagi tanaman, mencegah keracunan, kehilangan, serta manipulasi kondisi lingkungan hiungga sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangahn tanaman dan hewan. Dalam pengelolaan pertanian, pemanfaatan maksimal faktor-faktor tersebut harus diperhatikan untuk menjaga produktivitas dan kegunaan tanah secara lestari.

Secara fisik, tanah tersusun bahan mineral dan bahan organik dalam berbagai ukuran. Partikel mineral dan bahan organik mengisi matriks tanah sekitar 50% volume. Sisanya terdiri atas ruang pori, yang terisi air dan atau udara. Proporsi air dan udara berubah-uabah secara dinamis menurut kondisi keairan lingkungan tanah. Hal ini membentuk sistem 3 fase yaitu padatan, cair dan gas. Hampir di semua penggunaan tanah sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik tanah.Beberapa sifat fisik tanah yang perlu untuk ditelaah dengan baik antara lain:

b. Warna Tanah

Warna merupakan petunjuk untuk beberapa sifat tanah oleh karena warna dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terdapat dalam tanah. Adapun penyebab perbedaan warna tanah umumnya adalah akibat perbedaaan kandungan bahan organik; semakin banyak kandungan bahan organik tanah tersebut maka warnanya akan semakin gelap. Sebagian tanah warnanya disebabkan oleh warna mineral tanah itu sendiri.

Pada lapisan bawah, warna tanah banyak dipengaruhi oleh bentuk dan banyaknya senyawa Fe. Pada daerah yang berdrainase buruk, yaitu sering tergenang air, maka seluruh tanah berwarna abu-abu karena senyawa Fe terdapat dalam keadaan tereduksi, sedangkan pada tanah berdrainase baik, yaitu tanah yang tidak pernah terendam air, Fe terdapat dalam keadaan oksidasi yang berwarna merah atau limonit yang berwarna kuning coklat. Bila tanah kadang-kadang basah dan kadang kering maka disamping berwarna abu-abu didapat pula bercak-bercak karatan merah atau kuning yaitu dimana udara dapat masuk sehingga terjadi oksidasi besi di tempat tersebut.

Warna tanah ditentukan dengan menggunakan warna-warna baku yang terdapat dalam buku Munsell Soil Color Chart. Warna tanah akan berbeda bila tanah basah, lembab atau kering, sehingga dalam menentukan warna tanah perlu dicatat apakah dalam keadaan basah, lembab atau kering.

Ada 3 komponen penentu warna tanah, yaitu: hue, kroma (chrome) dan nilai (value).

- Hue: menunjukkan panjang gelombang cahaya dominan yang dipantulkan benda. Ada 5 hue tunggal (R, Y, G, B, P); dan 5 hue gabungan (YR, GY, BG, PB, RP).
- Kroma: ukuran derajat kemurnian atau kejenuhan warna hue. Memiliki skala dari 0-20. Makin tinggi skala kroma warna makin terang.

- Nilai (value): ukuran tingkat kebersihan atau kekotoran (terang-gelapnya) warna. Dinyatakan dengan skala 1-10 (deraj at kombinasi pigmen hitam dan putih).

c. Tekstur Tanah

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan relatif antara fraksi tanah baik pasir, debu, dan liat. Menurut perbandingan tersebut diperoleh kelompok tekstur tanah sebanyak 14 macam. . Sebagian ahli membaginya ke dalam 12 saja. Ada banyak sifat tanah terutama sifat fisik dipengaruhi oleh tekstur tanah.

Jenis-jenis tekstur tanah

Kasar	Pasir	
	Pasir berlempung	
Agak kasar	Lempung berpasir	Lempung berpasir halus
Sedang	Lempung berpasir sangat halus Lempung	
	Lempung berdebu	
	Debu	
	Lempung liat Agak halus	
	Lempung liat berpasir	
	Lempung liat berdebu	
	Liat berpasir	
Halus	Liat berdebu	
	Liat	

Penentuan Tekstur Dilakukan dengan menggunakan Diagram Segitiga Tekstur Tanah

Gambar 23. Segitiga Tekstur Tanah

Tanah-tanah yang bertekstur pasir, karena butir-butirnya berukuran lebih besar, maka setiap satuan berat mempunyai luas permukaan yang lebih kecil sehingga sulit menyerap (menahan) air dan unsur hara. Tanah-tanah yang bertekstur liat karena lebih halus maka setiap satuan berat mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi. Tanah-tanah bertekstur halus lebih aktif dalam reaksi kimia daripada tanah bertekstur kasar.

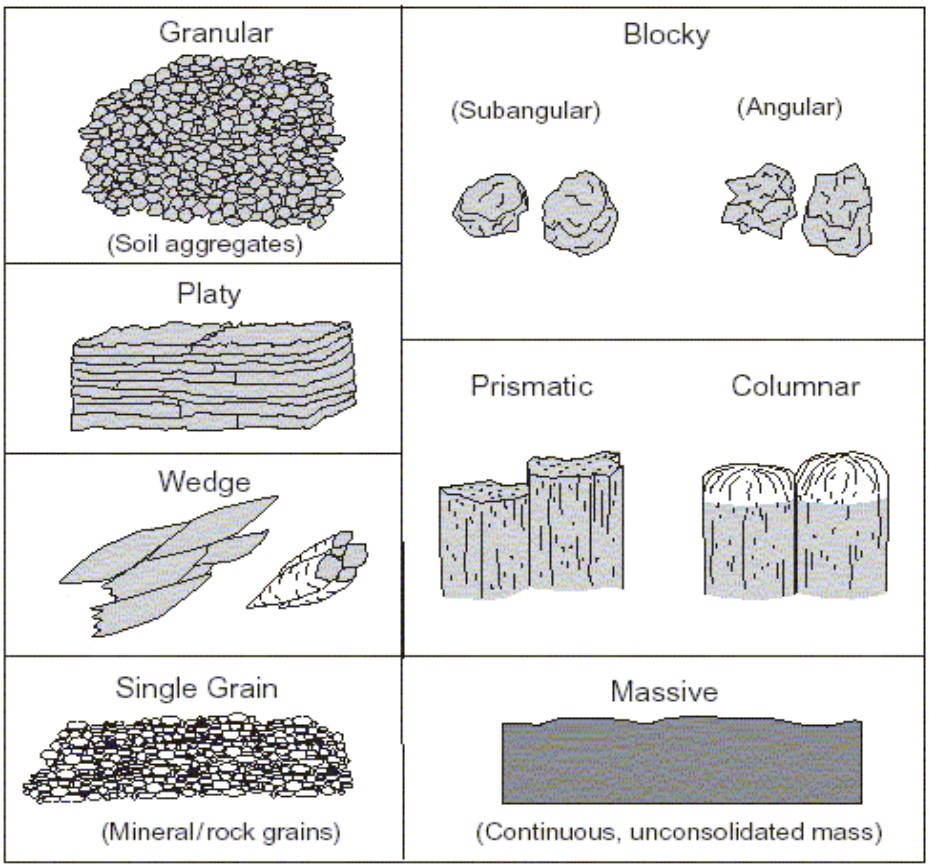
Tekstur mempengaruhi beberapa sifat tanah, yaitu kapasitas tukar kation (KTK), kandungan bahan organik, kadar air tanah, drainase, permeabilitas, struktur tanah, konsistensi tanah, erodibilitas tanah.

d. Struktur Tanah

Struktur tanah cara tersusunnya butiran tanah, atau gumpalan kecil dari butir-butir tanah; yang sering juga disebut agregat. Gumpalan ini terjadi karena butir-butir pasir, debu dan liat terikat satu sama lain oleh suatu perekat seperti bahan organik, oksida-oksida besi dan lain-lain. Gumpalan-gumpalan kecil ini mempunyai bentuk, ukuran dan kemantapan yang berbeda-beda.

Bentuk struktur (Gambar 23) antara lain :

- Lempeng (platy): sumbu vertikal < sumbu horisontal, di hor E atau pada lapisan padas liat. Biasanya terjadi pada tanah liat yang baru terjadi secara deposisi (deposited)
- Prismatik: sumbu vertikal > sumbu horisontal, hor B, daerah iklim kering.
- Tiang (columner): sumbu vertikal >sumbu horisontal, bagian atas membulat, hor B, daerah iklim kering.
- Gumpal bersudut (angular blocky): seperti kubus dengan sudut-sudut tajam, sumbu vertikal=sumbu horisontal, hor B, daerah iklim basah
- Gumpal membulat(rounded blocky): seperti kubus dengan sudut membulat, sumbu vertikal=sumbu horisontal, hor B, daerah iklim basah
- Granular: Agregat yang membulat, biasanya diameternya tidak lebih dari 2 cm. Umumnya terdapat pada horizon A yang dalam keadaan lepas disebut "Crumbs" atau Remah.



Gambar 24. Struktur Tanah

e. Pembentukan Agregat

Agregat tanah terbentuk sebagai akibat adanya interaksi dari butiran tunggal, liat, oksida besi/ almunium dan bahan organik. Agregat yang baik terbentuk karena flokuasi maupun oleh terjadinya retakan tanah yang kemudian dimantapkan oleh pengikat (sementasi) yang terjadi secara kimia atau adanya aktifitas biologi.

Gambar 25. Agregat Tanah

Faktor yang mempengaruhi pcmbentukan agregat yaitu :

a. Bahan Induk. Variasi penyusun tanah tersebut mempengaruhi pembentukan agregat-agregat tanah serta kemantapan yang terbentuk. Kandungan liat menentukan dalam pembentukan agregat, karena liat berfungsi sebagai pengikat yang diabsorbsi pada permukaan butiran pasir dan setelah dihidrasi tingkat reversiblenya sangat lambat. Kandungan liat > 30% akan berpengaruh terhadap agregasi, sedangkan kandungan liat < 30% tidak berpengaruh terhadap agregasi.
b. Bahan organik tanah.Bahan organik tanah merupakan bahan pengikat setelah mengalami pencucian. Pencucian tersebut dipercepat dengan adanya organisme tanah. Sehingga bahan organik dan organisme di dalam tanah saling berhubungan erat.
c. Tanaman. Tanaman pada suatu wilayah dapat membantu pembentukan agregat yang mantap. Akar tanaman dapat menembus tanah dan membentuk celah-celah. Disamping itu dengan adanya tekanan akar, maka butir-butir tanah semakin melekat dan padat. Selain itu celah-celah tersebut dapat terbentuk dari air yang diserap oleh tanaman tersebut.
d. Organisme tanah. Organisme tanah dapat mempercepat terbentuknya agregat. Selain itu juga mampu berperan langsung dengan membuat !ubang dan menggemburkna tanaman.Secara tidak langsung merombak

sisa-sisa tanaman yang setelah dipergunakan akan dikelaarlan lagi menjadi bahan pengikat tanah.

e. Waktu menentukan semua faktor pembentuk tanah berjalan. Semakin lama waktu berjalan, maka agregat yang terbentuk pada tanah tersebut semakin mantap..
f. Iklim berpengaruh terhadap proses pengeringan, pembasahan, pembekuan, pencairan. Iklim merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan agregat tanah.

f. Konsistensi

Konsistensi menunjukkan kekuatan daya kohesi butir-butir tanah atau daya adhesi butir-butir tanah dengan benda lain. Hal ini ditunjukkan oleh daya tahan tanah terhadap gaya yang akan mengubah bentuk. Dalam keadaan lembab tanah dibedakan ke dalam bentuk konsistensi gembur sampai teguh. Dalam keadaan kering, tanah dibedakan ke dalam konsistensi lunak sampai keras. Dalam keadaan basah dibedakan plastisitasnya yaitu dari plastis sampai tidak plastis atau kelekatannya yaitu dari tidak lekat sampai lekat.

g. Pori -pori Tanah

Pori tanah adalah bagian tanah yang tidak terisi bahan padat tanah (terisi oleh udara dan air). Pori-pori tanah dapat dibedakan menjadi pori-pori kasar dan pori-pori halus. Pori-pori kasar berisi udara atau air gravitasi, sedangkan pori-pori halus berisi air kapiler atau udara. Tanah-tanah pasir mempunyai pori-pori kasar lebih banyak daripada tanah liat. Tanah ini sulit menahan air sehingga tanaman sering mengalami kekeringan. Tanah-tanah liat mempunyai pori total lebih tinggi dari tanah berpasir. Porosistas dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur tanah dan tekstur

tanah. Porositas tinggi jika bahan organik tinggi. Tanah dengan struktur granuler atau remah porositas lebih tinggi dibanding yang berstruktur masif.

h. Drainase Tanah

Tanah ditemukan baik di daerah yang tergenang air maupun daerah-daeah kering yang tidak pernah tergenang air. Mudah tidaknya air hilang dari tanah menentukan kelas drainase tanah tersebut. Drainase tanah dikenal dua macam; drainase eksternal dan drainase internal. Air dapat hilang melalui permukaan tanah (external drainage) maupun melalui peresapan ke dalam tanah (internal drainage). External drainage banyak ditentukan oleh bentuk permukaan tanah/lahan, sedang internal drainage ditentukan oleh tekstur tanah. Berdasar atas kelas drainasenya tanah dibedakan atas kelas drainase terhambat (tergenang) sampai sangat cepat (air sangat cepat hilang dari tanah). Keadaan drainase tanah menentukan jenis tanaman yang dapat tumbuh. Sebagai contoh, padi dapat hidup pada tanah-tanah dengan drainase buruk, tetapi jagung, karet, cengkeh, kopi dan lain-lain tidak akan dapat tumbuh dengan baik kalau tanah selalu tergenang air.

Sifat fisik tanah dasar yang perlu dipahami antaralain tekstur, struktur dan agregat tanah, bulk density, dan porositas tanah. Pemahaman tentang sifat-sifat fisik tanah akan membantu menentukan potensi tanah kaitannya dengan pertumbuhan tanaman. Begitupula dengan sifat morfologi tanah yang dapat ditentukan jika sifat fisik tanah dipahami dengan baik.

SIFAT KIMIA TANAH

a. Pendahuluan

Analisis kimia tanah akan membantu dalam memprediksikan kemampuan tanah dalam suplai hara bagi tanaman. Namun, sering terjadi bahwa hanya sejumlah sedikit saja unsur-unsur tersedia bagi tanaman. Untuk itu diskusi dan pembahasan tentang sifat kimia tanah difokuskan pada reaksi pertukaran kation, pH tanah, kejenuhan basa, koloid tanah.

b. Komposisi Kimia Tanah

Tanah terbentuk dari batuan yang melapuk. Adapun komposisi kimia rata-rata dari batuan beku ditunjukkkan dalam tabel di bawah.. Variasi kandungan unsur Silikon, Oksigen dan Aluminium sangat banyak ditemui. Hal ini menunjukkan dominasi mineral silikat dan aluminosilikat pada batuan beku. Selanjutnya adalah unsur besi, kalsium, magnesium, natrium, dan kalium. Komposisi kimia batuan beku menyerupai komposisi mineralogik dari tanah yang telah melapuk minimal atau sedang. Sejumlah tanah mengandung kuarsa, feldspar, dan mika pada fraksi pasir dan debunya, liat silikat lapis 2:1 dalam fraksi liatnya, dan kebanyakan muatan negatif liat dinetralisir dengan adsorpsi ion-ion kalsium, magnesium, sodium dan kalium.

Tabel 12. Komposisi kimia batuan beku dan tanah-tanah yang melapuk intensif

Senyawa	Persentase unsur kimia (%)
SiO2	60
Al2O3	16
Fe2O3	7
TiO2	1
MnO	0.1
CaO	5
MgO	4
K2O	3
Na2O	4
P2O5	0,3
SO3	0,1
Total	100,5

Pada saat tanah melapuk dan komposisi mineralogi berubah setiap waktu, terjadi pula perubahan komposisi kimiawi. Selama proses pembentukan tanah, terjadi kehilangan unsur-unsur Si relatif terhadap Al dan Fe. Pelepasan dan kehilangan Ca, Mg, Na dan K lebih cepat dibandingkan Si, dan hal ini ditunjukkan oleh rendahnya kandungan empat kation pada tanah-tanah yang melapuk intensif.

c. Reaksi Tanah atau pH tanah.

Reaksi tanah menunjukkan sifat kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H+) di dalam tanah. Makin tinggi kadar ion H+ dalam tanah, semakin masam tanah tersebut. Di dalam tanah selain ion H+ dan ion-ion lain ditemukan pula ion OH- yang jumlahnya berbanding terbalik dengan

banyaknya H+. Pada tanah-tanah yang masam jumlah ion H+ lebih tinggi dibanding OH-, sedang pada tanah alkalin kandungan OH- lebih banyak daripada H+. Bila kandungan H+ sama dengan OH- maka tanah bereaksi netral yaitu mempunyai pH=7. Konsentrasi H+ atau OH- dalam tanah sebenarnya sangat kecil. Nilai pH berkisar antara 0-14 dengan pH 7 disebut netral sedang pH kurang dari 7 disebut masam dan pH lebih dari 7 disebut alkalis. Besarnya kisaran nilai pH tersebut didasarkan atas besarnya konstanta disosiasi air murni yaitu :

HOH H+ + OH-

[H+] [OH-] = 10-14 = K (konstan)

Di Indonesia, pH tanah berkisar antara 3 hingga 9. Tanah-tanah pada umumnya bereaksi masam dengan pH 4,0-5,5 sehingga tanah-tanah yang mempunyai pH 6,0-6,5 sering dikatakan cukup netral meskipun sebenarnya masih agak masam.

Alasan pH tanah penting untuk diketahui karena menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman. Pada umumnya hara tanaman akan lebih mudah untuk diserap pada kisaran pH netral oleh karena pada kisaran pH tersebut kebanyakan unsur hara larut dalam air. Pada tanah masam unsur P tidak dapat diserap tanaman karena diikat oleh Al sedangkan pada tanah alkalis, P sulit diserap tanaman karena difiksasi oleh Ca.

Menunjukkkan kemungkinan adanya unsur-unsur beracun . Pada tanah-tanah masam banyak ditemukan ion-ion Al didalam tanah, yang kecuali memfiksasi P juga merupakan racun bagi tanaman. Pada tanah rawa yang pH tanah rendah (sangat masam) menunjukkan kandungan sulfat tinggi yang bersifat meracun bagi tanaman. Disamping itu, pada tanah yang

masam, unsur-unsur mikro juga menjadi mudah larut, sehingga ditemukan unsur mikro yang terlalu banyak. Unsur mikro Mo dapat menjadi racun kalau pH tanah terlalu alkalis. Gambar 1 Nilai ketersediaan unsur pada kisaran pH 4-9

Mempengaruhi perkembangan mikroorganisme. Bakteri berkembang baik pada pH 5,5 atau sedang pada pH <5,5 perkembangannya sangat terhambat. Jamur dapat berkembang baik pada segala tingkat kemasaman tanah. Pada pH tanah >5,5 jamur harus bersaing dengan bakteri. Bakteri pengikat nitrogen dari udara dan bakteri nitrifikasi hanya dapat berkembang dengan baik pada pH >5,5.

d. Koloid Tanah

Koloid tanah adalah bahan mineral dan bahan organik tanah yang sangat halus sehingga mempunyai luas permukaan yang sangat tinggi persatuan berat. Liat termasuk koloid tanah (koloid anorganik) dan humus (koloid organik). Koloid tanah merupakan bagian tanah yang sangat aktif dalam reaksi-reaksi fisikokimia dalam tanah. Partikel-partikel koloid yang sangat halus yang dikenal sebagai mi kro sel pada umumnya bermuatan negatif, sehingga ion-ion yang bermuatan positif akan tertarik dan membentuk lapisan ganda ion (ionic double layer).

Mineral liat adalah mineral yang berukuran <2 mikron. Mineral liat dalam tanah terbentuk karena rekristalisasi (sintesis) senyawa hasil pelapukan mineral primer dan alterasi langsung mineral primer yang telah adaMineral liat dalam tanah ada 3 yaitu :

- Mineral liat Alsilikat
- Oksida- oksida Fe dan Al
- Mineral-mineral primer

Koloid organik utama adalah humus. Koloid organik tersusun atas C, H dan O. Humus bersifat amorf, kapasitas tukar kation tinggi dan lebih mudah dihancurkan dibandingkan liat. Sumber muatan negatif humus adalah gugus karboksil dan gugus fenol. Muatan humus adalah tergantung pH. Dalam keadaan masam, H+ dipegang kuat oleh gugusan karboksil atau fenol dan menjadi lemah ikatannya jika pH lebih tinggi.

e. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kation adalah ion bermuatan positif seperti Ca++, K+, Na+, NH4+, H+, Al3+ dsb. Didalam tanah, kation-kation tersebut terlarut di dalam air tanah atau dijerap oleh koloid-koloid tanah. Banyaknya kation yang dapat dijerap oleh tanah persatuan berat tanah dinamakan kapasitas tukar kation (KTK). Kation-kation yang telah dijerap oleh koloid-koloid tersebut sukar tercuci oleh gaya gravitasi, tetapi dapat diganti oleh kation lain yang terdapat dalam larutan tanah. Hal tersebut disebut pertukaran kation.

Penetapan KTK di laboratorium dilakukan dengan menggunakan dengan ekstraksi ammonium asetat pada pH 7 (NH_4OAc pH 7). Cara lain yaitu ekstraksi dengan garam netral (misalnya dengan 1 N KCl) pada pH tanah yang sebenarnya, atau ekstraksi dengan barium klorida + trietanolamin (BaCl2-TEA) yang disangga pada pH 8,2. Dengan cara ini kita akan mendapatkan KTK tergantung pH, KTK efektif, dll.

Kapasitas tukar tiap koloid tanah berbeda. Humus mempunyai KTK yang jauh lebih tinggi dibandingkan mineral liat seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 13. KTK koloid tanah

Koloid tanah	KTK (cmol (+)/kg)
Humus	100-300
Klorit	10-40
Montmorilonit	80-150
Illit	10-40
Kaolinit	3-15
Haloisit 2H2O	5-10
Haloisit 4H2O	40-50
Seskuioksida	0-3

KTK adalah sifat kimia yang berkaitan dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK tinggi mampu menjerap dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah KTK rendah. Tanah dengan KTK tinggi bila didominasi oleh kation basa seperti Ca, Mg, K, Na dapat meningkatkan kesuburan tanah, tetapi bila didominasi oleh kation asam seperti Al dan H dapat mengurangi kesuburan tanah. Tanah dengan kandungan bahan organik atau kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi daripada tanah-tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah berpasir.

Kejenuhan Basa. Kation yang terdapat dalam kompleks jerapan koloid tersebut dapat dibedakan menjadi kation-kation basa dan kation-kation asam. Kejenuhan basa menunjukkan perbandingan antara jumlah kation-kation basa dengan jumlah semua kation (kation basa dan kation asam) yang terdapat dalam kompleks jerapan tanah. Jumlah maksimum kation yang dapat dijerap tanah menunjukkan besarnya KTK tanah tersebut.

Kejenuhan basa berhubungan erat dengan pH tanah, dimana tanah yang mempunyai pH rendah umumnya juga mempunyai kejenuhan basa rendah. Begitu pula sebaliknya. Hubungan pH dengan kejenuhan basa pada pH 5,5 - 6,5 hampir merupakan suatu garis lurus.

f. Unsur-unsur hara esensial

Unsur hara yang sangat diperlukan tanaman dan fungsinya dalam tanaman tidak dapat digantikan oleh unsur lain disebut unsur hara esensial. Unsur hara esensial dapat berasal dari udara, air, atau tanah yang berjumlah 17 yaitu :

Unsur makro : C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, dan S

Unsur mikro : Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn, Cl, dan Co

Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah banyak, sedangkan unsur hara mikro adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit. Unsur hara tersedia bagi tanaman dengan cara aliran massa, difusi, intersepsi akar

1) Unsur Nitrogen (N)

Nitrogen dalam tanah berasal dari bahan organik tanah, pengikatan oleh mikroorganisme dan N udara serta dari pemberian pupuk, air hujan yang mengandung nitrogen. Bahan organik adalah sumber N yang utama di dalam tanah. Selain N, bahan organik juga mengandung unsur lain terutama C, P, S dan unsur-unsur mikro lain. Pengikatan oleh mikroorganisme dan N udara dibantu dengan adanya simbiose dengan tanaman leguminose yaitu bakteri bintil akar atau Rhizobium. Disamping itu dibantu pula oleh bakteri yang hidup bebas (non simbiotik) yaitu Azotobacter dan Clostridium.

Fungsi Nitrogen adalah untuk memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman, pembentukan protein

Gejala defisiensi Nitrogen adalah tanaman kerdil, pertumbuhan akar terbatas, daun-daun kuning dan gugur. Sedangkan gejala kelebihan nitrogen yaitu memperlambat kematangan tanaman, batang lemah mudah roboh, daya tahan tanaman lemah terhadap penyakit

N dalam tanah berbentuk:

- Protein, senyawa amino, Ammonium, Nitrat. Nitrogen diambil tanaman dalam bentuk NH4+ dan NO3-. Sedangkan kehilangan N dari tanah dalam bentuk:

Digunakan oleh tanaman dan mikroorganisme

- N dalam bnetuk NH4+, dapat diikat oleh mineral liat jenis ilit sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman
- N dalam bentuk NO3- mudah tercuci oleh air hujan (leaching)Proses denitrifikasi

2) Fosfor (P)

Unsur P di dalam tanah berasal dari bahan organik (pukan, sisa-sisa tanaman), Pupuk buatan (TSP, DS), mineral-mineral di dalam tanah (apatit). Unsur P didalam tanah berupa P-organik dan P-anorganik.

Fungsi P untuk pembelahan sel, pembentukan albumin, pembentukan bunga, buah dan biji, mempercepat pematangan, memperkuat batang tidak mudah roboh, perkembangan akar, meningkatkan ketahanan terhadap hama dan penyakit, mmebentuk nukleoprotein dan membantu metabolisme karbohidrat serta menyimpan dan memindahkan energi.

Unsur P mudah difiksasi, sehingga sebaiknya pemberiannya jangan disebarkan tetapi diberikan dalam larikan agar kontak dengan tanah sedikit mungkin sehingga fiksasi dapat dikurangi.

Gejala defisiensi P:

- Pertumbuhan terhambat (kerdil)
- Daun-daun menjadi ungu atau coklat mulai ujung daun
- Terlihat jelas pada tanaman yang masih muda

- Pada tanaman jagung, tongkol tidak sempurna dan kecil-kecil

3) Kalium (K)

Unsur K dalam tanah berasal dari mineral-mineral primer tanah dan berasal dari pupuk buatan (ZK)

Fungsi K :

- Pembentukan pati
- Mengaktifkan enzim
- Pembukaan stomata
- Proses fisiologis dalam tanaman
- Proses metabolik dalam sel
- Mempengaruhi penyerapan unsur-unsur lain
- Mempertinggi ketahahan terhadap kekeringan dan penyakit
- Perkembangan akar

K dalam tanah dibedakan menjadi :

- Tidak tersedia bagi tanaman
- Tersedia
- Tersedia tapi lambat

Kehilangan K dari tanah disebabkan oleh karena diserap oleh tanaman terutama leguminose, tomat dan kentang serta pencucian oleh hujan (leaching).

Gejala defisiensi K:

- Terlihat pada daun tua, karena daun muda yang masih tumbuh dengan aktif menyedot K dari daun tua
- Ruas pada tanaman jagung memendek dan tanaman tidak tinggi

- Pinggir daun berwarna coklat mulai daun tua

4) Kalsium (Ca)

Ca dalam tanah berasal dari mineral primer (plagioklas), karbonat (kalsit dan dolomit) , garam-garam sederhana (gipsum dan Ca fosfat). Ca diambil tanaman dalam bentuk Ca++.

Fungsi Ca:

- Penyusunan dinding sel tanaman
- Pembelahan sel
- Pertumbuh (elongation)

Gejala defisiensi Ca:

- Tunas dan akar tidak dapat tumbuh karena pembelahan sel terhambat
- Pada jagung, ujung daun coklat dan melipat serta terkulai ke bawah saling melekat dengan daun dibawahnya

5) Magnesium (Mg)

Diserap sebagai Mg++. Mg dalam tanah berasal dari mineral kelam (biotit, augit, hornblende, amfibol), garam ($MgSO4$), dan kapur (dolomit).

Fungsi Mg :

- Pembentukan klorofil
- Sistem enzim (aktivator)
- Pembentukan minyak

Gejala defisiensi Mg :

- Defisiensi pada daun tua
- Daun menguning karena pembentukan klorofil terganggu
- Pada jagung terlihat garis kuning pada daun
- Pada daun muda keluar lendir

6) Belerang (S)

Diserap tanaman dalam bentuk SO_4^{2-} dan dalam bentuk gas SO_2 dari udara melalui daun. Sedangkan bentuknya dalam tanaman berupa protein, sulfat dan volatile (mudah menguap) seperti allysulfat pada bawang putih dan bawang merah.

Fungsi S terutama dalam pembentukan protein.

Asal dalam tanah:

- Mineral primer (pirit dan gipsum)
- Atmosfir : SO_2 udara

Hilangnya S dari tanah :

- Diambil tanaman
- Pencucian (leaching)
- Penguapan SO_4^{2-}

Gejala defisiensi S :

- Defisiensi pada daun tua ,anaman kerdil, pematangan lambat, Daun-daun kuning

7) Unsur-unsur Mikro

Unsur mikro dalam tanah berasal dari mineral dalam bahan induk dan bahan organik. Adapun faktor yang menentukan ketersediaan unsur mikro adalah pH tanah, drainase tanah. Jerapan liat dan reaksi kimia Ikatan dengan bahan organik Fungsi masing-masing unsur mikro:

- Zn untuk pembentukan hormon tumbuh katalis pembentukan protein pematangan biji, Pembentukan klorofil, Oksidasi reduksi dalam pernafasan Penyusun enzim dan protein
- Cu (tembaga) Katalis pernafasan, Penyusun enzim, Pembentukan klorofil, Metabolisme karbohidrat dan protein, Pembentukan protein, Metabolisme nitrogen dan karbohidrat Perkembangan akar, Pembentukan buah dan biji
- Mn (mangan) sebagai Metabolisme N dan asam organik Fotosintesis,
- Fe (besi) berfungsi sebagai perombakan karbohidrat, pembentukan karotin, riboflavin dan asam askorbat
- Mo (molibdenum) berfungsi untuk meningkatkan pengikatan N oleh bakteri simbiotik Pembentukan protein

8) Penyerapan unsur mikro oleh tanaman

Unsur mikro yang termasuk jenis kation yaitu Fe, Mn, Zn Cu diambil tanaman melalui pertukaran kation atau sebagai kation terlarut seperti Fe2+, Mn 2+, Zn2+ dan Cu2+. Unsur mikro yang termasuk jenis anion yaitu B, Mo, Cl diambil tanaman dalam bentuk anion terlarut seperti B33-, MoO43-, Cl-, kadang juga diambil dalam bentuk pertukaran anion. Unsur mikro dapat diserap melalui daun (dengan penyemprotan)

SIFAT BIOLOGI TANAH

a. Pendahuluan

Secara fisik, tanah tersusun bahan mineral dan bahan organik dalam berbagai ukuran. Partikel mengisi matriks tanah sekitar 50% ruang pori, dan sisanya diisi air dan udara. Hal ini membentuk sistem 3 fase yaitu padatan, cair dan gas. Hampir di semua penggunaan tanah sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik tanah. Belum dipahami pentingnya dan gunanya aspek biologi tanah dan mereka juga kurang menyadari keberadaan tanaman maupun binatang-binatang tersebut dalam tanah. Salah satu sebab adalah sebagian besar binatang-binatang tersebut merupakan mikroba yang hanya dapat dilihat melalui mikroskop. Perombakan bahan organik menjadi humus dilakukan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut menyerap nitrogen bebas dari tanah dan udara, yang kemudian menghubungkannya dengan elemen lain dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman tinggi. Manusia (petani) tidak dapat melakukan hal ini kecuali bakteri yang merubah bentuk nitrogen bebas dalam bentuk yang dapat larut dalam air.

Didalam tanah hidup berbagai jenis mikroorganisme yang dapat dibedakan menjadi flora dan fauna baik makro maupun mikro. Organisme tersebut ada yang bermanfaat dan ada pula yang mengganggu pertumbuhan tanaman.

b. Cacing tanah

Cacing tanah makan bahan organik mati sisa hewan atau tanaman, tidak makan vegetasi hidup. Bahan organik dan tanah halus yang dimakan cacing kemudian dikeluarkan sebagai kotoran (ekskresi) atau casting yang berupa

agregat-agregat berbentuk granular dan tahan terhadap pukulan air hujan serta banyak mengandung unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Spesies cacing utama adalah : Helodrilus caliginosus (cacing kebun), Helodrilus foetidus (cacing merah) dan Lumbricus terrestris (cacing malam).

Arthropoda dan Mollusca

1. Crustacea

2. Chilopoda

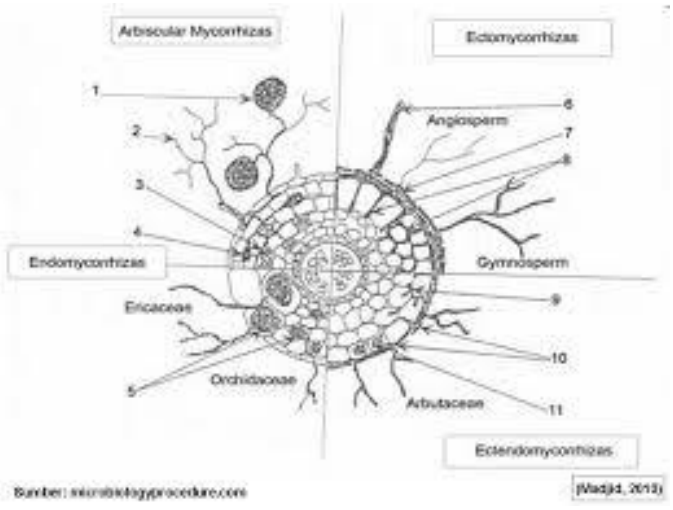
3. Arachnida

4. Inscect

Jenis arthropoda memakan sisa tumbuhan yang membusuk dan membantu memperbaiki tata udara tanah dengan membuat lubang kecil pada tanah. Namun ada beberapa diantaranya yang bersifat mengganggu tanaman karena makan tumbuhan yang hidup. Jenis moluska yang hidup di atas tanah yang penting adalah bekicot.

Gambar 1 Organisme tanah

Mikrofauna; Protozoa dan Nematoda



Gambar 26. Mikhoriza

Protozoa merupakan hewan bersel satu yang makan bakteri sehingga dapat menghambat daur ulang unsur-unsur hara ataupun menghambat berbagai proses dalam tanah yang melibatkan bakteri. Ada tiga jenis protozoa yaitu Amoeba, Flagellata dan Chiliata. Nematoda adalah cacing yang sangat kecil seperti benang, tidak berbuku-buku. Nematoda dibagi 3 yaitu : (1) Pradaceous, (2) Parasitik, (3) Omnivorous. Nematoda parasit dapat menyerang semua jenis tanaman.

1) Makroflora

Akar-akar tanaman mempengaruhi keseimbangan hara tanah akibat penyerapan unsur-unsur hara oleh akar-akar tersebut. Disamping itu akar juga mempunyai pengaruh langsung terhadap ketersediaan unsur hara karena dapat membentuk asamasam organik di permukaannya yang dapat meningkatkan kelarutan unsur hara. Ketersediaan unsur hara sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan yang dikeluarkan oleh akar dan aktivitas mikroorganisme dirhizosphere.

2) Mikroflora

Mikroflora dalam tanah antara lain : bakteri, fungi, actinomycetes, dan algae. Bakteri, fungi dan aktinomisetes membantu pembentukan struktur tanah yang mantap karena kemampuannya dalam mengeluarkan zat perekat yang tidak mudah larut dalam air.

3) Bakteri

Bakteri dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

- Autotrof, menghasilkan makanannya sendiri dari bahan anorganik misalnya melalui fotosintesis.
- Heterotrof, mendapatkan makanannya dari bahan organik yang telah ada

Bakteri-bakteri tersebut kemudian dibagi menjadi :

- Bakteri fotoautotrof, menggunakan energi dari sinar matahari dan karbon dari CO2 udara untuk mendapatkan makanannya
- Bakteri fotoheterotrof, menggunakan energi dan sinar matahari dan karbon dari bahan organik untuk mendapatkan makanannya
- Bakteri Chemoautotrof, menggunakan energi dari hasil oksidasi bahan anorganik seperti N, S, Fe dan karbon dari udara untuk makanannya.
- Bakteri Chemoheterotrof, menggunakan energi dan karbon dari bahan organik untuk makanannya.

4) Jamur/fungi

Jamur atau fungsi dapat dikategorikan sebagai parasitik, saprofitik, simbiotik. Mikoriza, yang berarti jamur akar adalah assosiasi simbiosis mycelia fungi dengan akar tanaman tertentu. Mikoriza membantu tanaman induk menyerap unsur hara tertentu. Mikoriza ada dua macam yaitu mikorisa ektotropik dan mikorisa endotropik.

5) Aktinomisetes

Secara taksonomi dan morfologi dapat digolongkan menjadi fungi atau bakteri. Dicirikan oleh miselia yang bercabang-cabang seperti fungi. Aktinomisetes dapat memproduksi antibiotik seperti streptomycin, aeromycin, tetramycin, dan neomycin. Fungsi utama actinomycetes

adalah dalam dekomposisi bahan organik terutama selulosa dan jenis bahan organik lain yang resisten.

6) Algae

Algae mempunyai klorofil dan terdiri dari green algae, blue green algae, yellow green algae dan diatomae. Berkembang biak pada tanah subur dan lembab. Blue green algae dapat mengikat N udara. Pada tanah sawah yang tergenang, algae membantu mempertahankan jumlah N dalam tanah dengan menggunakan N dari udara.

Kehidupan mikroorganisme di dalam tanah sangat penting untuk dipahami untuk memahami sifat biologi tanah dasar. Mikroorganisme hidup dalam tanah dalam bentuk mikroflora dan makrofauna. Aktivitas kehidupan mikroorganisme dalam tanah akan mempengaruhi sifat tanah lainnya yaitu sifat fisik dan sifat kimia tanah.

PENGELOLAAN TANAH UNTUK PRODUKSI LESTARI

a. Pendahuluan

Persyaratan Karakteristik Fisik, Kimia, Dan Biologi Tanah Bagi Pertumbuhan & Produktivitas Tanaman. Tanah dan air sebagai sumberdaya alam lahan yang terbatas luas dan kualitasnya serta tidak dapat diperbaharui, sedangkan kehidupan dan kelangsungan hidup manusia dan seluruh mahluk hidup lainnya sangat tergantung dari hasil eksploitasi tanah dan air. Karena itu tanah dan air yang terbatas ini perlu dikelola secara benar, tepat dan efisien secara berkesinambungan dan berkelanjutan agar dapat dimanfaatkan terus.

Tanah dan air bagian dari lingkungan, untuk itu bagaimana tanah dan air digunakan secara optimal dan tetap memperhatikan aspek lingkungan. Kerusakan fungsi lingkungan dari tanah dan air dapat disebabkan karena kesalahan teknik pengelolaan tanah dan air.

Tanah dan air pada setiap lokasi bervariasi sifat, karakteristik, dan produktivitasnya, karena adanya perbedaan faktor pembentukannya. Agar dapat dimanfaatkan secara optimal untuk tujuan penggunaan tertentu diperlukan teknik pengelolaan yang tepat sesuai sifatnya.

Dari tahun ke tahun informasi tentang lahan kritis semakin meluas. Penggunaan lahan dengan teknik pengelolaan yang keliru akan menyebabkan produktivitas tanah semakin menurun. Kasus banjir dan kekeringan pada beberapa daerah aliran sungai di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meluas dan semakin meningkat frekuensinya Contoh kasus ini semakin memperkuat alasan bahwa dalam peruntukan dan pemanfaatan lahan tidak dikelola secara benar.

Tanah dan air yang berfungsi sebagai media tumbuh tanaman harus dipersiapkan kondisinya untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman dilakukan dengan pengelolaan tanah dan air secara benar, tepat dan efisien dengan teknik tertentu sesuai sifat karakterisitk tanah dan karakteritik jenis komoditi tanaman yang akan diusahakan.

Fungsi tanah dan air sebagai media tempat berlangsungnya siklus air. Siklus air dan siklus hidup mikroorganisme akan terganggu (berubah) bila tanah dan air itu diperuntukkan, dimanfaatkan, diperlakukan melalui penerapan teknik pengelolaan tanah dan air yang digunakan keliru atau tidak benar, tidak tepat dan tidak efisien dan pada akhirnya menjadi lahan yang tidak lagi produktif dan berdampak terhadap kerusakan sistem lingkungan.

b. Penilaian Kelestarian Tanah

Pendekatan penilaian kelestarian sumberdaya tanah telah dan air banyak mengalami perkembangan dengan melibatkan berbagai fungsi tanah secara holistik. Untuk itu kegiatan penilaian memerlukan tolok ukur yang menggambarkan kecenderungan umum perubahan kondisi tanah selama dimanfaatkan. Salah satu tolok ukur penilaian tersebut adalah kualitas tanah.

Kualitas tanah diukur berdasarkan pengamatan kondisi dinamis indikator kualitas tanah. Kualitas tanah berkaitan erat dengan tingkat kesuburan tanah, yaitu kemampuan tanah menyediakan hara untuk pertumbuhan tanaman. Beberapa parameter-parameter kualitas tanah yang perlu dianalisis adalah sebagai berikut:

a. Keasaman (pH). Tanah asam dapat mempengaruhi keadaan tanah dan pertumbuhan tanaman. Agar tanah yang bereaksi asam dapat ditanami,

maka keasamannya perlu diperkecil, angka pH diperbesar dengan pemberian kapur.

b. Nitrogen. Unsur Nitrogen merupakan unsur mutlak yang harus ada dalam tanah dan dibutuhkan dalam jumlah banyak. Unsur Nitrogen (N) mempunyai peranan merangsang pertumbuhan secara keseluruhan dan khususnya batang, cabang dan daun, hijau daun serta berguna dalam proses fotosintesa. Tanah dengan kandungan Nitrogen rendah menyebabkan tanaman tumbuh kerempeng dan tersendat-sendat, daun kering dan jaringan mati.
c. Bahan Organik (BO). Tanah yang mengandung Bahan Organik tinggi artinya struktur tanahnya baik, menambah kondisi kehidupan didalam tanah karena organisme dalam tanah memanfaatkan Bahan Organik sebagai makanan.
d. Phospor (P). Posphor berguna untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda. Phospor juga berfungsi sebagai bahan mentah untuk pembentukkan protein tertentu, membantu asimilasi, mempercepat bunga, pemasakan biji dan buah. Tanah yang berkurang Phospornya akan jelek akibatnya bagi tanaman kalau tanaman berbuah, buahnya kecil dan cepat matang.
e. Kalium (K). Unsur Kalium berperan dalam membantu pembentukan Protein dan Karbohidrat, memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga dan buah tidak mudah gugur. Kalium merupakan sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan penyakit. Apabila tanah dengan kandungan unsur kalium rendah menyebabkan daun tanaman keriting, mengerut, timbul bercak merah coklat, mengering lalu mati.
f. Ca (Kalsium). Kalsium berperan merangsang pembentukan bulu-bulu akar, mengeraskan batang dan merangsang pembentukan biji dan apabila tanah dengan kandungan Kalsium rendah maka daun mudah mengalami klorosis. Kuncup-kuncup muda akan mati karena perakarannya kurang sempurna, malahan sering salah bentuk.

Kalaupun ada daun yang muncul, warnanya akan berubah dan jaringan dibeberapa tempat pada helai daun akan mati.

g. Magnesium (Mg). Tanah dengan kandungan Mg yang rendah menyebabkan daun tua mengalami klorosis dan tampak bercak-bercak coklat. Daun yang semula hijau segar menj adi kekuningan. Daun akan mengering dan kerap kali langsung mati . Pada tanaman berbij i , sangat j elek pengaruhnya bila kekurangan Magnesium. Daya tumbuh bij i tidak mantap, melemah bij inya tampak lemah.

Tanah dikatakan subur dan sempurna jika mengandung lengkap unsur-unsur hara seperti Nitrogen, Fosfor, Kalium, Calsium, Magnesium, Sulfur, Klor, Ferum, Mangan, tembaga, Zeng, Boron dan Molibdenum. Unsur-unsur tersebut sangat terbatas jumlahnya dalam tanah atau terkadang tanahpun tidak mengandung unsurunsur tersebut di atas.

c. Pengelolaan Tanah Dan Air Secara Lestari

Pembicaraan pengelolaan sumber daya alam secara lestari timbul sejak tahun 1987, dan pada tahun 1992 diterima sebagai agenda politik oleh semua negara di dunia sebagaimana dikemukakan dalam Agenda 21, Rio de Jeneiro. Dalam pertemuan tersebut ditegaskan bahwa pembangunan ekonomi jangka panjang dapat dilakukan bila dikaitkan dengan masalah perlindungan lingkungan. Pertemuan Johanesberg, Afrika Selatan (2-4 September 2002) yang merupakan pertemuan puncak Pembangunan Berkelanjutan (”World Summit On Sustainable Development”) menegaskan bahwa pembangunan berkelanjutan membutuhkan pandangan dan penanganan jangka panjang dengan partisipasi penuh semua pihak. Secara jelas dinyatakan bahwa pembangunan yang dilaksanakan untuk memenuhi kebutuhan generasi masa kini tanpa harus mengorbankan kebutuhan dan

aspirasi generasi mendatang. Di bidang kehutanan diterapkan dengan pendekatan pengelolaan hutan secara lestari atau berwawasan lingkungan.

Pengelolaan hutan secara lestari atau berkelanjutan memiliki kegiatan yang secara ekonomis, ekologis, dan sosial bersifat berkelanjutan. Berkelanjutan secara ekonomis berarti bahwa suatu kegiatan pembangunan harus dapat membuahkan pertumbuhan ekonomi, dan penggunaan sumberdaya serta investasi secara efisien. Berkelanjutan secara ekologis mengandung arti, bahwa kegiatan termaksud harus dapat mempertahankan integritas ekosistem, memelihara daya dukung lingkungan, dan konservasi sumberdaya alam termasuk keanekaragaman hayati. Sementara itu, keberlanjutan secara sosial mensyaratkan bahwa suatu kegiatan pernbangunan hendaknya dapat menciptakan pemerataan hasil-hasil pernbangunan, mobilitas. sosial, kohesi sosial, partisipasi masyarakat, pernberdayaan masyarakat, identitas sosial, dan pengembangan kelembagaan.

Kerusakan tanah terjadi akibat hilangnya unsur hara dan bahan organik di daerah perakaran, terakumulasinya garam di daerah perakaran (salinisasi), terakumulasinya unsur beracun bagi tanaman, penjenuhan tanah oleh air (water logging); dan erosi. Kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman akan berkurang apabila kerusakan tanah oleh satu atau lebih proses tersebut terjadi.

Erosi tanah merupakan masalah kerusakan tanah yang sering terjadi dan ditemui dalam kegiatan pengusahaan hutan atau pembukaan lahan perkebunan. Pengaruhnya bersifat langsung dan tidak langsung. Pengaruh langsung adalah penurunan produktivitas lahan dan produksi tanaman, sedangkan pengaruh tak langsung dapat berupa siltasi reservoir, saluran dan sungai, penurunan pasokan air, penurunan kapasitas energi listrik, banjir, kerusakan jalan akibat longsor, dan lain-lain.

Tanah yang tererosi terangkut aliran permukaan yang akan diendapkan di tempat- tempat yang alirannya melambat atau berhenti di dalam berbagai badan air seperti sungai, saluran irigasi, waduk, danau atau muara sungai. Endapan tersebut menyebabkan pendangkalan pada badan sungai dan akan mengakibatkan semakin sering terjadi banjir dan semakin dalam banjir yang terjadi. Berkurangnya infiltrasi air ke dalam tanah menyebabkan berkurangnya pengisian kembali air bawah tanah yang berakibat tidak ada air masuk ke sungai pada musim kemarau. Dengan demikian peristiwa banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau merupakan peristiwa lanjutan yang tidak terpisahkan dari peristiwa erosi. Selain itu peristiwa tercucinya unsur hara yang menyebabkan eutrofikasi menjadi salah satu penyebab lain dari proses erosi.

Kerusakan sumber air terjadi berupa hilangnya atau mengeringnya mata air berhubungan erat dengan peristiwa erosi. Menurunnya kualitas air dapat disebabkan oleh kandungan sedimen dan unsur yang terbawa masuk oleh air yang bersumber dari erosi, tercuci oleh air hujan dari lahan-laha pertanian, atau bahan dan senyawa dari limbah industri. Peristiwa ini disebut dengan polusi air. Masuk dan mengendapnya sedimen di dalam air secara berlebihan akan menyebabkan pedangkalan dan memungkinkan terjadinya banjir akibat berkurangnya daya tampung air. Sedangkan masuknya unsur hara ke badan air menyebabkan terjadinya eutrofikasi yang merupakan meningkatnya unsur hara dalam air sehingga mempercepat pertumbuhan tanaman air dan mikroba. Eutrofikasi menyebabkan menurunnya fungsi badan air seperti ikan, alur transportasi, dan sumber air untuk konsumsi dan irigasi.

Pada setiap pembangunan pertanian dan kehutanan apapun jenisnya, terdapat beberapa tahapan kegiatan pengelolaan tanah dan air, yakni

meliputi tahapan penyiapan Lahan; tahapan penanaman; pemeliharaan; panen; dan transportasi.

d. Tahapan Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan tidak lain adalah proses pematangan lahan, penempatan dan pembangunan fasilitas pendukung, pengolahan tanah sampai tanah siap tanam. Kegiatan pengelolaan tanah dan air pada tahap penyiapan lahan dapat meliputi :

1) Land Clearing

Tahap awal dari kegiatan pengelolaan tanah dan air adalah land clearing. Land clearing adalah perlakuan pembersihan permukaan tanah dari vegetasi ataupun tanaman pengganggu. Pada tahap penyiapan lahan kegiatan land clearing tidak selalu digunakan, tergantung keadaan dan jenis vegetasi yang menutupi tanah. Misalnya pada tanah-tanah yang sudah diusahakan, vegetasi penutup tanah yang ada hanya rumput, maka pembersihan rumput dapat sekaligus dilakukan dengan pengolahan tanah. Tetapi bila vegetasi penutup tanah adalah hutan ataupun semak belukar, land clearing mutlak diperlukan, seperti tanah bukaan baru. Teknik land clearing tidak hanya sekedar membersihkan vegetasi dari penutupan tanah, tetapi bagaimana kualitas land clearing ini dapat menunjang kegiatan selanjutnya dan tidak memberi dampak negatif baik terhadap jenis tanaman yang diusahakan maupun terhadap kerusakan tanah akibat land clearing. Akibat kekeliruan/kesalahan land clearing dapat membuat tanah menjadi rusak sebelum digunakan. Untuk itu teknik land clearing yang diterapkan pada setiap kondisi lahan harus benar, tepat dan efisien. Pemilihan teknik land clearing sangat ditentukan oleh faktor :

- Jenis dan keadaan vegetasi penutup tanah yang ada

- Keadaan topografi/kelerengan tanah
- Keadaan iklim/musim
- Jenis dan alat yang digunakan
- Target waktu penyiapan lahan
- Besarnya kemampuan modal untuk biaya land clearing

Secara umum teknik land clearing dapat dibagi 5, yakni : Land clearing secara konvensional (tebang bakar) Land clearing secara mekanik, Land clearing secara biologis, Land clearing secara kimia (Herbisida), Kombinasi antara beberapa teknik land clearing.

Land clearing secara konvensional.

Tebang dan bakar adalah teknik land clearing pada lahan bervegetasi hutan yang biasanya diterapkan pada sistem perladangan. Vegetasi hutan yang ada ditebang dan setelah beberapa hari sesudah tebang lalu dibakar. Sistem tebang dan bakar tidak dibenarkan dalam land clearing denga alasan :

- Untuk vegetasi hutan, dengan hanya penebangan pohon saja tanpa pembersihan tanggul pohon dan perakaran yang ada, belum dapat dikatakan land clearing. Karena land clearing membersihkan vegetasi dan sisa vegetasi baik yang ada dipermukaan tanah maupun yang ada dalam tanah, termasuk sisa-sisa akar yang ada dalam tanah. Jadi land clearing dengan hanya menebang pohon belum termasuk land clearing. Lima tahun kemudian tunggul pohon dan perakaran yang ada dalam tanah akan menjadi sumber hama dan penyakit tanaman, terutama untuk jenis tanaman perkebunan seperti penyakit jamur putih dan merah dan hama rayap dan kumbang. Namun untuk pertanaman dengan sistem perladangan ancaman hama penyakit relatif tidak berpengaruh karena setelah 2

tahun diusahakan akan pindah ke lahan bukaan baru, selain itu jenis tanaman yang diusahakan adalah jenis tanaman semusim.

- Pembakaran sisa tebangan juga tidak dibenarkan. Pembakaran sisa tebangan pada proses land clearing dapat berdampak negatif terhadap perubahan iklim mikro, yang memang sudah berubah karena penebangan pohon. Pembakaran sisa tanaman dapat mematikan organisme dan mikroorganisme tanah, yang berarti dapat merubah keadaan ekologi ataupun merubah ekosistem. Perubahan ekologi dan perubahan iklim mikro dapat terjadi suksesi organisme dan mikroorganisme tanah. Yakni dapat membuat terjadinya peledakan populasi jenis organisme dan mikroorganisme tertentu yang sebelumnya tidak menjadi hama, berubah menjadi hama dan penyakit yang berbahaya.

  Pembakaran sisa tebangan selain mengurangi suplai bahan organik ke dalam tanah, juga dapat mempercepat hilangnya unsur hara melalui penguapan karena pembakaran. Untuk mempercepat waktu penanaman maka pembakaran sisa tanaman harus dilakukan karena selain menghambat kegiatan lainnya juga dapat mengganggu pertanaman karena terjadinya persaingan dengan kegiatan/aktivitas mikroorganisme tanah.

- Pada kegiatan land clearing setelah tebangan, bila dilakukan pembakaran atau tidak dilakukan pembakaran sama-sama mempunyai dampak langsung maupun tidak langsung terhadap kondisi pertumbuhan tanaman. Jika land clearing disertai pembakaran karena ingin mempercepat pelaksanaan penanaman, sebaiknya sisa tanaman ditumpuk pada beberapa tempat tertentu lalu dibakar, jadi tidak dibakar pada seluruh permukaan tanah. Jika land clearing tanpa disertai pembakaran maka sisa tebangan yang ditumpuk pada tempat tertentu lalu disemprot dengan herbisida

tertentu atau pestisida tertentu agar tidak menjadi inang hama penyakit tertentu yang sewaktu-waktu dapat meledak populasinya.

Land Clearing secara mekanik dengan alat berat.

Land clearing secara mekanik dengan menggunakan alat berat seperti traktor dan buldoser adalah teknik land clearing yang paling sempurna dan dapat diselesaikan dalam waktu relatif cepat, serta dapat mengatur waktu penyelesaian land clearing sesuai jadwal yang direncanakan. Dikatakan sempurna karena dengan alat berat dapat membersihkan tanah dai sisa tebangan (tunggul batang pohon), lalu dikumpulkan/ditumpukkan pada tempat tertentu sehingga tidak terlihat batang pohon atau sisa vegetasi yang berserakan di permukaan tanah, seperti pada land clearing sistem tebang bakar dengan menggunakan tenaga manusia. Karena kekuatan dan kecepatan tertentu yang dimiliki peralatan mekanik, maka waktu penyelesaian land clearing pada areal dengan luas tertentu dapat direncanakan relatif tepat waktu. Terlebih untuk mencapai target luas dalam waktu tertentu.Selain kelebihan land clearing secara mekanik yang menggunakan alat berat juga mempunyai banyak kekurangan bila keliru menangani (mengaturnya), antara lain :

- Land clearing secara mekanik dengan alat berat tidak efektif dan efisien bila dilakukan pada lahan yang berlereng > 15 %. Jadi hanya efektif pada tanah yang datar sampai agak miring. Untuk itu pula pada tanah berlereng > 15 % land clearing harus dilakukan dengan tenaga manusia.
- Land clearing yang dilakukan pada musim hujan atau pada saat status air tanah lebih besar dari kapasitas lapang dapat menyebabkan terjadinya pemadatan tanah pada lapisan atas. Pemadatan tanah pada waktu land clearing maksimum terjadi pada status air tanah berlebihan (> Kapasita Lapang). Pemadatan tanah

yang terjadi karena land clearing berarti, berarti karena land clearing tanah menjadi rusak sebelum digunakan. Dapat dibayangkan bagaimana kerugian yang ditimbulkan oleh land clearing yang biaya pelaksanaannya sangat mahal. Walaupun sempurna dan waktunya cepat, tetapi rusak sebelum dimanfaatkan. Oleh karena itu kegiatan land clearing tidak semudah orang bayangkan, apalagi yang mengatur pelaksanaannya, awam mengenai pengetahuan pengelolaan tanah dan air ataupun awam dengan pengetahuan konservasi. Kegiatan land clearing yang diborongkan kepada kontraktor memang dapat menyelesaikannya dengan tepat waktu dam kualitasnya (kebersihannya) tinggi, tetapi dampak pemadatan tanah yang terjadi tidak pernah disadari, terlebih bila pengawas dan pimpronya sendiri tidak memiliki pengetahuan pengelolaan dan konservasi tanah, maka harapan untuk mencapai hasil produksi optimal akan sulit tercapai.

- Hasil land clearing yang membongkar tanah karena pencabutan tunggul batang pohon, sehingga secara setempat-setempat muncul lapisan sub soil di permukaan tanah. Jika vegetasi hutan yang rapat pertumbuhannya, maka makin luas permukaan tanah yang terbongkar.
- Land clearing secara mekanik dengan menggunakan alat berat dapat memberi peluang terjadinya erosi. Erosi yang terjadi semakin besar dengan semakin miringnya permukaan tanah dan semakin meningkat lagi bila terj adi pemadatan tanah dan pembongkaran tanah. Sedangkan land clearing tanpa pembongkaran tanah peluang terj adinya erosi sudah besar, karena sudah terbuka tanpa pelindung/penutupan vegetasi .

Teknik Land Clearing Secara Biologis.

Pembersihan lahan secara konvensional maupun secara mekanik dapat berdampak negatif terhadap tanah dan ekosistem lingkungan. Untuk itu yang paling tepat adalah teknik land clearing yang sifatnya ramah lingkungan, dalam hal ini secara bilogis. Hanya saj a, land clearing secara biologis ini hanya efektif pada lahan yang bervegetasi rumput alang-alang ataupun jenis rumput lainnya, utamanya pada tanah berlereng. Sedang untuk lahan bervegetasi hutan ataupun jenis pepohonan tingkat tinggi, land clearing secara biologis tidak dapat diterapkan. Namun sesudah pembersihan pohon, lalu diberikan teknik land clearing secara biologis utamanya untuk menekan rumput atau gulma yang akan tumbuh.

Teknik land clearing secara biolgis tidak lain adalah teknik penanaman tanaman penutup tanah (cover crop) dari famili leguminosa seperti Calopogonium, Centrosoma, Stilosantus, Mucuna dan sebagainya. Keuntungan land clearing secara biologis meliputi :

- Rumput alang-alang yang ada tidak dibersihkan dari permukaan tanah, j adi tanah tetap terlindung/tertutup oleh rumput alang-alang, yang dibersihkan hanya alur tempat penanaman tanaman cover crop selebar ± 30 cm. Jarak antar barisan alur 2-3 cm. Bila tanah berlereng, arah alur penanaman searah garis kontur. Dengan masih adanya rumput yang menutupi tanah, maka tanah masih tetap dil i ndungi dan tanaman pokok yang direncanakan sudah bisa ditanam (jenis tanaman perkebunan).
- Jenis tanaman cover crop yang sudah tumbuh dan menekan rumput secara bertahap (melilit, menaungi rumput alang-alang) sehingga tidak dapat berfotosintesa dan akan mati.

- Jenis tanaman cover crop berfungsi konservasi selain menekan rumput/gulma.
- Jenis tanaman cover crop bersama sisa rumput alang-alang yang tertekan menjadi sumber bahan organik yang mensuplai tanah secara berkelanjutan sampai tanaman pokok yang diusahakan kembali menaungi tanaman penutup tanah.
- Jenis tanaman cover crop dapat mempertahankan ataupun lebih memperbaiki iklim mikro tanah untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman pokok.
- Dengan semakin baiknya kondisi iklim mikro tanah dan semakin besarnya konstribusi bahan organik berarti dapat menjaga keseimbangan kelangsungan hidup organisme dan mikroorganisme tanah.
- Konstribusi bahan organik tanaman penutup tanah dapat memperbaiki sifat biologis, fisik dan kimia tanah.
- Land clearing secara biologis dapat menekan biaya land clearing maupun biaya pemeliharaan tanaman, terutama penyiangan.

Walaupun teknik land clearing secara biologis sangat menguntungkan tetapi juga mempunyai kekurangan meliputi :

- Tidak dapat diterapkan pada lahan bervegetasi hutan.
- Relatif lambat, butuh waktu relatif lambat untuk menekan rumput alang-alang.
- Dapat menjadi inang bagi hama dan penyakit tertentu.
- Tidak semua jenis tanah sesuai untuk jenis tanaman cover crop seperti tanah yang sangat masam ataupun tanah yang berdrainase jelek..

Teknik Land Clearing Secara Kimia

Land clearing secara kimia yakni pembersihan vegetasi penutup tanah secara kimia seperti penyemprotan herbisida. Tentunya teknik land clearing efektif untuk lahan dengan vegetasi rumput seperti rumput alangalang dan tentunya tidak efektif atau tidak diterapkan pada lahan yang bervegetasi hutan. Untuk keefektifan penggunaan suatu teknik land clearing sangat ditentukan oleh jenis vegetasi yang ada dan semuanya bermuara ke pertimbangan ekonomi lebih efisien dan pertimbangan lingkungan tidak merusak. Yang jelas teknik land clearing secara kimia jika keliru perencanaannya tentunya akan berdampak negatif terhadap ekosistem ataupun secara ekonomi tidak menguntungkan karena input biaya bisa lebih tinggi dari penggunaan teknik land clearing lainnya. Teknik land clearing secara kimia biasanya diterapkan pada lahan yang sudah dibuka atau lahan yang sudah dimanfaatkan ataupun pada lahan baru akan dibuka, tetapi vegetasinya adalah rumput alang-alang. Dampak negatif yang bisa ditimbulkan akibat land clearing secara kimia antara lain:

- Bahan kimia yang digunakan selain dapat mematikan perumputan ataupun gulma juga dapat mematikan beberapa jenis organisme dan mikroorganisme tanah, sehingga dapat membuat keseimbangan ekologi dapat terganggu.
- Bahan kimia yang digunakan bila tidak dapat terurai sempurna tentunya dapat terakumulasi dalam tanah.
- Bahan kimia yang digunakan yang selektif sifatnya, dapat membunuh jenis gulma yang muncul sebagai tanaman pengganggu.

Kelebihan land clearing secara kimia tidak dilakukan pembersihan vegetasi rumput, dengan demikian tanah tetap tertutupi rumput. Ancaman kerusakan tanah karena erosi masih dapat dihindari,

walaupun penanaman tanaman pokok dilakukan. Keuntungan lainnya, suplai bahan organik dari vegetasi rumput yang telah mati.

Kombinasi Teknik Land Clearing

Kadang penerapan teknik land clearing tidak memuaskan karena kondisi lahan yang kompleks sehingga perlu dikombinasikan dengan teknik land clearing yang lain. Seperti kombinasi antara teknik land clearing secara mekanik akan efektif bila disertai teknik land clearing secara kimia atau secara biologis. Utamanya untuk pencegahan tumbuhnya kembali gulma untuk j angka waktu minimal tanaman pokok yang telah ditanam sudah tumbuh dan sudah cukup bersaing dengan gulma.

Pada lahan bervegetasi rumput alang-alang yang diland clearing secara mekanik karena pertimbangan waktu penyiapan lahan yang mendesak dilaksanakan pada musi m huj an, kadang disertai penyemprotan herbisida untuk menekan rumput yang tumbuh kembali .

Pada lahan bervegetasi hutan dan mempunyai kelerengan lebih 15 %, tentunya sudah sulit diaplikasikan land clearing secara mekanik, lebih tepat bila dilakukan land clearing secara konvensional (tebangan dengan menggunakan tenaga manusia menggunakan Chainsaw), disertai land clearing secara biologis, tanpa pembakaran sisa tebangan ataupun pembakaran terbatas pada tempat-tempat tertentu. Salah satu contoh land clearing secara mekanis disertai cara biologis (tanaman cover crop) pada lahan bervegetasi hutan dengan kelerengan lebih 15 % untuk penanaman jenis tanaman perkebunan seperti kelapa sawit, kakao, cengkeh, karet, kopi dan sebagainya, dengan tahapan sebagai berikut :

- Pohon ditebang dengan arah pemotongan dibuat searah garis kontur, agar pohon rebah memanj ang searah garis kontur

(melintang arah kemiringan). Batang pohon terletak melintang di permukaan tanah searah kontur, yang berarti batang pohon hasil tebangan berfungsi sebagai teras yang menahan arus ali ran permukaan.

- Pohon hasil tebangan dipotong lagi menaj di beberapa potongan yang diperkirakan bisa diangkat oleh tenaga manusia. Cabang dan ranting dipisah dari batang utama. Cabang dan ranting dipotong kecil -kecil sepanj ang ± 1 meter atau kalau bisa lebih pendek lebih baik.
- Semua hasil tebangan pohon-pohon dikumpulkan secara strip kontur selebar ± 1/2 meter — 1 meter. Jarak antara strip tergantung kelerengan dan panjang lereng serta jenis tanaman pokok yang akan ditanam. Hasil tebangan pohon yang diletakkan secara strip kontur dapat berfungsi teras untuk mengantisipasi ancaman erosi karena tanah mulai terbuka. Kalau pembakaran harus terpaksa dilakukan karena alasan tertentu, seperti waktu tanam yang mendesak, maka yang dibakar hanya hanya ranting/cabang hasil tebangan yang biasanya menghalangi kelancaran kegiatan pertanaman dan dilakukan hanya pada strip yang telah dibuat. Batang pohon yang berdiameter lebih 30 cm sangat efektif menahan erosi, bila diletakkan searah garis kontur.
- Penanaman tanaman penutup tanah jenis legum diletakkan secara strip persis bagian bawah lereng dari peletakan sisa tebangan yang juga dalam strip searah garis kontur.

Kerusakan tanah yang dapat terjadi karena land clearing adalah sebagai berikut:

- Periode/tenggang waktu yang selalu lama antara waktu, sesudah land clearing dan waktu penanaman (pembangunan) membuat

selalu terbuka tanpa pelindung. Untuk itu peluang waktu tanah mengalami erosi besar terlebih pada lahan berlereng.

- Terjadi pemadatan tanah kalau land clearing dilakukan secara mekanis dengan alat berat pada musim huj an.
- Terjadi pembongkaran tanah pada tempat-tempat tertentu dari pohon yang di robohkan bersama perakarannya.
- Terjadi perubahan iklim mikro.
- Aktivitas kegiatan dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dan bahan organik berlangsung intensif, membuat kadar bahan organik merosot lebih cepat.

2) Land Lavelling

Tahapan kedua pengelolaan tanah dan air untuk pembangunan pertanian dan kehutanan adalah land lavelling. Sesudah land clearing dilakukan kegiatan land lavelling yakni meratakan permukaan tanah sampai datar. Pada tanah yang tergolong datar secara mikro permukaan tanah itu tidak ada yang 100% datar, tetapi berombak sampai bergelombang. U ntuk penggunaan lahan tertentu seperti pencetakan sawah, pembuatan tambak, rumah, atau bangunan. Dengan demikian dalam penggunaan lahan utamanya tanah bukaan baru tidak selalu diperlukan land lavelling tergantung peruntukannya. land lavelling dengan mempergunakan alat berat seperti"Grader" atau buldoser mengupas bagian tanah yang lebih tinggi dan menimbun bagian tanah yang lebih rendah sehingga permukaan tanah menj adi datar (cut and fill). Karena terj adi pengupasan dan penimbunan tanah maka permukaan tanah baru adalah lapisan sub soil yang rendah kesuburannya, yang bila ditanami tentunya hasil yang akan diperoleh tidak seperti tanah yang sebelum land lavelling.

Pada lahan yang tergolong datar (0 % - 3%) namun kondisi mikro topografi termasuk berombak/bergelombang membuat setempat-setempat akan tergenang bila hujan ataupun diberi air irigasi, dan lahan demikian drainase permukaannya sangat jelek. Dengan demikian land lavelling diperlukan pada lahan dengan drainase permukaan lambat karena kondisi mikro topografinya. Tujuan dan kepentingan land lavelling:

- Meratakan permukaan tanah untuk kepentingan usaha pertanian jenis tanaman semusim, perumahan, pencetakan sawah, tambak, pembuatan sistem irigasi permukaan.
- Meratakan permukaan tanah untuk memperbaiki drainase permukaan.
- Meratakan permukaan tanah dapat memperlancar kegiatan kelangsungan pertanaman untuk skala besar dengan mempergunakan alat mekanis
- Pengaturan jarak tanaman utnuk mencapai populasi tanaman dalam jumlah optimal.

Disamping keuntungan land lavelling, semua hubungan dengan land clearing, jika keliru dikelola akan berdampak negatif antara lain:

- Land lavelling dengan mempergunakan alat berat yang dilakukan pada musim hujan dapt menyebabkan pemadatan tanah.
- Land lavelling yang mekanisme kerjanya mengupas dan menimbung (cut and fill) tanah, dapat membuat lapisan sub soil yang menjadi permukaan tanah, berarti dapat menurunkan produktifitas.
- Land lavelling membutuhkan anggaran yang besar dan waktu relatif lama sehingga memperbesar input biaya produksi.

3) Land Cleaning

Land cleaning menghaluskan permukaan tanah yang miring, sama dengan land levelling tidak semua lahan setelah land clearing diperlukan land cleaning. Permukaan tanah berlereng yang tidak mulus untuk jenis tanaman semusim yang dilakukan secara mekanis perlu dimuluskan (diperhalus) agar alat mekanis dapat lebih lancar bergerak dengan barisan yang lurus (mulus).

4) Pengolahan Tanah

Kegiatan pengolahan tanah dilakukan setelah land clearing, land levelling, land cleaning dan setelah pembangunan fasilitas pendukung seperti jalan, saluran drainase/irigasi. Pengolahan tanah adalah tindakan mekanik pada tanah sebagai upaya memanipulasi kondisi tertentu tanah untuk menghasilkan seedbed dan rootbed yang optimal untuk mendukung start awal pertumbuhan sampai mencapai produksi.

Seedbed adalah hasil kualitas olahan tanah yang optimal mendukung perkecambahan tanaman, termasuk untuk tempat persemaian ataupun untuk pertanamn yang menggunakan benih (biji) yang langsung ditanam seperti jenis kacang-kacangan, jagung dan sebagainya. Untuk jenis tanaman ini seedbed langsung berfungsi rootbed. Rootbed adalah kualitas hasil olahan tanah yang optimal mendukung pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran tanaman. Rootbed untuk persyaratan kebutuhan jenis tanaman semusim dan kebutuhan tanaman tahunan sangat berbeda.

Rootbed untuk kebutuhan tanaman semusim, seluruh atau sebagian permukaan tanah diolah, makin singkat umur suatu tanaman makin sempit dan dangkal sistem perakarannya dan makin halus, untuk itu semakin ideal kondisi rootbed yang dibutuhkan. Namun kondisi ideal

rootbed tidak selalu dengan pengolahan tanah yang intensif. Sedangkan rootbed untuk jenis tanaman tahunan adalah pembuatan lubang tanaman, dengan kata lain kualitas rootbed untuk jenis tanaman tahunan ditentukan oleh besarnya ukuran lubang dan kualitas media yang dijadikan sebagai bahan untuk menimbun lubang tanaman.

Untuk itu pengelolaan tanah dan air dalam kaitannya dengan pengolahan tanah untuk menghasilkan seedbed/rootbed yang optimal pada prinsipnya harus benar, tepat dan efisien. Persyaratan pengolahan tanah yang benar, tepat, efisien untuk menghasilkan seedbed/rootbed yang optimal banyak faktor yang harus dipertimbangkan, yakni meliputi:

- Sifat karakteristik jenis tanaman yang diusahakan
- Karakteristik lahan yang dijadikan lokasi penanaman
- Teknik pengolahan yang tepat, benar dan efisien
- Luas tanah yang diusahakan
- Waktu tanam yang direncanakan
- Fasilitas pendukung yang ada
- Bentuk dan desain pertanaman yang direncanakan
- Sistem pertanaman yang diterapkan
- Permodalan (anggaran biaya)

Sebelum lebih jauh menguraikan faktor yang menentukan untuk menghasilkan kualitas hasil olahan (seedbed/rootbed) yang benar, tepat dan efisien, perlu dikaji secara detail apa yang sesungguhnya menjadi tujuan dan kepentingan pengolahan tanah, serta apakah ada dampak negatif yang diakibatkan karena pengolahan tanah.

Secara umum tujuan dan kepentingan pengelolaan tanah adalah untuk mencapai kondisi yang ideal (optimal) agar perkecambahan benih dapat berlansung cara optimal dan untuk mencapai kodisi yang optimal bagi

kemudahan pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran yang optimal menyerap air, unsur hara, oksigen agar dapat menopang pertumbuhan dan perkembangan bagian atas tanaman (bila lingkungan atmosfer optimal) yang seimbang dan selanjutnya dapat memberi hasil yang optimal sesuai yang diharapkan. Dengan demikian pengolahan tanah tidak lain adalah usaha manipulasi kondisi tanah yang jelek (yang tidak dapat mendukung perkecambahan dan pertumbuhan/perkembangan akar secara optimal) atau yang kurang mendukung perkecambahan dan pertumbuhan/ perkembangan sistem perakaran.

Memperhatikan tujuan dan kepentingan pengolahan tanah untuk menunjang keberhasilan usaha pertanian, namun pengolahan tanah dapat membuat terjadinya kerusakan tanah sebagai akibat dampak negatif daripengolahan tanah. Tentu saja tidak berarti bahwa satu kali pengolahan tanah dapat langsung merusak tanah, tetapi pengolahan tanah secara terus menerus dapat menurunkan fungsi produksi tanah sampai pada tingkat tanah tidak lagi mampu dapat berfungsi. Untuk itu pengolahan tanah yang dilakukan secara tidak benar dan tidak efektif secara terus-menerus dapat menurunkan fungsi tanah. Jadi tanah dikatakan rusak karena pengolahan tanah bila tanah tersebut tidak lagi berfungsi sebagai faktor produksi. Untuk itu pula dapat dipertanyakan mengapa pengolahan tanah dapat menurunkan fungsi produksi tanah atau merusak tanah. Untuk mengetahui hal ini maka perlu ditelusuri apa yang terjadi pada tanah karena pengolahan tanah.

- Setiap pengolahan tanah membuat tanah terbuka tanpa pelindung dan bila terjadi hujan berarti dispersi tanah akan terjadi oleh pukulan tetesan hujan. Dispersi tanah secara fisik oleh pukulan hujan berarti terlepasnya ikatan agregat tanah (struktur tanah) yang

berarti pula mudah hanyut atau mudah terangkut bila bersamaan terjadi aliran permukaan dan akhirnya erosi dapat berlangsung.

- Tindakan pengolahan tanah dengan alat pengolah tanah sebenarnya terjadi dispersi secara mekanik. Pembongkaran tanah dan penghancuran struktur tanah menjadi hasil olahan sebagai seedbed/rootbed adalah struktur tanah yang berukuran lebih halus. Jadi perlakuan pengolahan tanah, tanah sengaja dilepaskan dari ikatan struktur yang ada secara mekanik melalui alat pengolahan tanah. Bila pengolahan tanah lebih sering dilakukan secara intensif berarti semakin sering pula dispersi mekanik terjadi. Dispersi secara mekanik akan dipercepat lagi oleh dispersi fisik dari pukulan tetesan air hujan dan selalnjutnya mudah dihanyutkan oleh aliran permukaan bila curah hujan yang terjadi melampau daya infiltrasi.
- Pengolahan tanah yang memperbaiki kondisi tanah tidak hanya mendukung perkecambahan dan pertumbuhan/perkembangan perakaran tanaman, tetapi juga memberi kondisi yang baik untuk mendukungaktivitas organisme dan mikroorganisme tanah dalam proses dekomposisi bahan organik termasuk humus. Dengan demikian pengolahan tanah dapat menurunkan kadar bahan organik tanah. Semakin sering dan semakin intensif pengolahan tanah semakin cepat pula kadar bahan organik tanah menurun, bila tidak ada tambahan/suplai bahan organik ke dalam tanah. Jika kadar bahan organik tanah menjadi rendah maka ikatan partikel dan ikatan agregat tanah semakin lemah. Ikatan agregat yang lemah berarti ikatan struktur tanah menjadi labil dan selanjutnya semakin mudah terdispersi, berarti semakin mudah pula tererosi. Bahan organik tanah dalam bentuk humus adalah bahan pengikat/perekat partikel/agregat yang paling mantap yang membuat struktur tanah menjadi mantap dan selanjutnya membuat tanah resisten terhadap erosi. (Bahan pengikat partikel/agregat tanah yang lain?).

- Setiap tindakan pengolahan tanah membuat terjadinya pemadatan tanah tepat di bawah tapak alat pengolah yang digunakan dari :
  - Plow sole = Pemadatan tanah karena tekanan pada tanah melalui tapak alat bajak.
  - Harrow sole = Pemadatan tanah karena tekanan pada tanah melalui tapak alat penggaruk tanah (harrow).
  - Subsoiler sole = Pemadatan tanah karena tekanan pada tanah melalui tapak alat subsoiler.

  Pemadatan tanah akibat pengolahan tanah terutama bila dilakukan secara mekanis tidak hanya disebabkan oleh tekanan (gaya berat) dari alat pengolah yang bertumpuk tepat di bawah tapak olah, tetapi pemadatan juga terjadi karena tekanan dan gaya berat dari kendaraan yang digunakan yang bertumpuk pada roda/ban. Pemadatan tanah yang diakibatkan tapak roda/ban kendaraan disebut traffick sole. Dengan demikian pemadatan tanah karena pengolahan tanah secara mekanis dapat disebabkan karena alat pengolah dan karena roda/ban kendaraan. Pemadatan tanah yangh ditimbulkan karena pengolahan tanah kurang mendapatkan perhatian karena tidak nampak.

  Pemadatan tanah akan semakin meningkat dengan semakin rendah kadar bahan organik tanah maka semakin rendah pula daya dukung mekanik tanah. Pemadatan tanah akibat pengolahan tanah dapat merusak fungsi tanah baik sebagai faktor produksi maupun fungsinya sebagai tempat berlangsungnya siklus hara. Siklus hidup organisme/mikroorganisme tanah, serta fungsinya sebagai salah satu mata rantai berfungsinys siklus hidrologi dan fungsi sebagai bagian dari lingkungan. Yang jelas bahwa adanya pemadatan tanah akibat pengolahan tanah berarti dapat membatasi pertumbuhan/perkembangan sistem perakaran, dapat menghambat

perkolasi tanah, membatasi kedalaman lapisan olah, dapat memperbesar aliran permukaan, pada tanah relatif datar pemadatan tanah dapat memperburuk drainase tanah dan membuat tanah mudah tergenang. Untuk pemadatan tanah akibat pengolahan tanah yang keliru (tidak benar dan tidak tepat) dapat menurunkan produktivitas tanah ataupun menurunkan fungsi produksi tanah yang berarti dapat merugikan karena selain karena hasil produksi yang diperoleh semakin rendah, juga rugi karena pengolahan tanah termasuk salah satu input biaya produksi yang tergolong tinggi.

Pemadatan tanah karena pengolahan tanah untuk pencetakan sawah baru ataupun untuk persawahan yang ada justru menghendaki terjadinya pemadatan. Semakin padat tanah pada lapisan di bawah lapisan olah pada tanah sawah semakin menguntungkan dan semakin sesuai untuk pengembangan padi sawah. Pembentukan lapisan tanah padat tepat di bawah lapisan olah sengaja dibentuk. Teknik pengolahan tanah (soil tillage) yang benar, efektif, efisien dan optimal.

Pengolahan tanah yang benar, efektif dan efisien serta optimal untuk mendukung pertumbuhan dan pencapaian hasil produksi dan tidak menimbulkan terjadinya kerusakan tanah, serta dengan biaya pengolahan seminimal mungkin dalam waktu yang tepat sesuai jadwal waktu dan target luas yang telah ditetapkan. Untuk mencapai tujuan pengolahan tanah, banyak faktor yang perlu dipertimbangkan antara lain :

Karakteristik Lahan

Karakteristik lahan meliputi karakteristik iklim, topografi/kelerengan, keadaan batuan serta karakteristik vegetasi dan tanah serta fasilitas.

- Kaitan pengolahan tanah dengan karakteristik iklim, utamanya curah hujan bulanan. Pada prinsipnya pengolahan tanah dilakukan pada bulan-bulan kurang hujan ataupun sama sekali tidak ada hujan. Kondisi air tanah berlebihan karena hujan memperlambat kegiatan pengolahan tanah dan kualitas hasil olahan yang jelek terutama bila kadar liat tanah semakin tinggi.
- Kaitan topografi/kelerengan dengan pengolahan tanah. Tanah dengan kelerengan > 15 % , tidak lagi dianjurkan untuk diolah secara mekanis karena selain ancaman terjadinya kerusakan tanah juga karena bahaya terbaliknya kendaraan pengolah yang digunakan, pada prinsipnya pengolahan tanah pada tanah berlereng yang penting adalah arah pengolahan tanah.

  Arah pengolahan tanah pada tanah berlereng dilakukan searah garis kontur (tidak harus persis arah kontur) atau arah memotong kemiringan permukaan tanah, terutama bila diolah dengan alat bajak.

  Terbentuk alur bajak tanah yang searah dengan kemiringan lereng, berarti sengaja membuat alur tempat air mengalir. Yang berarti pula membuat konsentrasi aliran permukaan terjadi, selanjutnya menjadi kuat untuk mengikis dan mengangkut tanah ke arah bawah lereng. Untuk itu arah pengolahan tanah pada tanah berlereng sangat penting diperhatikan karena dampak pengolahan tanah terhadap ancaman kerusakan tanah karena erosi akan besar pengaruhnya. Ancaman erosi akan semakin besar bila disertai pemadatan tanah melalui tapak olah, karena perkolasi air akan terhambat. Untuk tanah datar arah pengolahan tanah tidak berpengaruh terhadap ancaman erosi karena aliran permukaan walaupun diolah dengan alat bajak.

Kaitan kondisi vegetasi dengan pengolahan tanah.

Keadaan vegetasi penutup tanah akan lebih banyak berpengaruh terhadap waktu penyelesaian pengolahan tanah untuk siap tanam, untuk jenis vegetasi hutan yang rapat, sebelum diolah harus di-land clearing. Setelah land clearing pengolahan tanah tidak perlu intensif karena struktur tanah tergolong remah dan mudah diolah, bahkan tidak perlu diolah bila belum terdapat rumput pengganggu yang tumbuh setelah land clearing. U ntuk itu harus diatur secara tepat waktu land clearing, waktu pengolahan tanah dengan waktu tanam, relatif tenggang waktunya tidak lama terlebih pada awal musim pelaksanaannya.

Keadaan vegetasi rumput alang-alang, tidak perlu dilakukan land clearing, bisa langsung diolah. Waktu yang diperlukan untuk pengolahan tanah yang bervegetasi alang-alang diperlukan waktu yang lebih lama, U ntuk menghasilkan seedbed dan rootbed yang optimal. Pengolahan tanah yang bertuj uan menekan alang-alang diperlukan waktu relatif lama. Alat yang digunakan untuk mengolah adalah baj ak, yakni dilakukan pembalikan tanah untuk mengangkat Rhizome (batang dalam tanah dari alang-alang), kemudian dibiarkan tuj uh hari sampai sepuluh hari agar alang-alang tertekan pertumbuhannya selanj utnya dibalik kembali dengan baj ak lagi dan dibiarkan lagi 7 — 10 hari lalu disisir dengan alat harrow sebanyak 2 kali untuk melepaskan Rhizome dan mengeluarkan dari areal hasil olahan tanah. Selanj utnya dibiarkan lagi selama 7 — 10 hari baru dibuat paritan tempat peletakan benih atau bibit. Pengolahan tanah yang bervegetasi alang-alang tidak diperkenankan mengolah pada musim hujan dan untuk pengolahan pertama harus dibajak dulu. Alat rotavater tidak diperkenankan karena akan banyak memotong-motong Rhizome menj adi ruas-ruas kecil yang sulit dibersihkan

akan lebih memperbanyak anakan baru dari setiap ruas yang terpotong. Pengolahan tanah bervegetasi alangalang akan lebih sulit dilakukan dan lebih lama waktu dibutuhkan bila struktur tanah kompak dan memadat seperti tanah-tanah vertisol (Grumosol dan Gley humus rendah).

Karakteristik tanah kaitannya dengan pengolahan tanah.

Hasil olahan tanah untuk menghasilkan seddbed dan rootbed ditentukan dan dipengaruhi oleh karakteristik tanah itu sendiri. Utamanya menyangkut sifat fisik dan biologis tanah. Semua elemen/unsur fisik tanah yang mempengaruhi sifat fisik tanah yang saling berkaitan, dengan karakteristik jenis tanaman yang diusahakan menentukan jenis kendaraan, jenis alat pengolah, intensitas pengolahan tanah, frekuensi/interval, dalamnya pengolahan untuk menghasilkan seedbed dan rootbed.

Komponen faktor fisik tanah berkaitan dengan mudah tidaknya tanah diolah untuk menghasilkan seedbed/rootbed yang optimal sesuai kebutuhan persyaratan tumbuh tanaman, dalam hal ini untuk menghasilkan kualitas hasil olahan tanah. Sedangkan keadaan fisik tanah yang membuat kondisi tanah mudah tidaknya tanah diolah berkaitan dengan jenis kendaraan, jenis alat pengolah, intensitas pengolahan tanah, frekuensi/interval waktu pengolahan, berapa dalamnya tanah bisa diolah serta waktu tepat untuk diolah. Kesulitan atau kemudahan tanah diolah selain ditentukan oleh kondisi fisik tanah juga ditentukan oleh fasilitas pendukung, dalam hal ini infrastruktur pertanian yang ada. Kesemuanya akan menentukan pencapaian target yang direncanakan meliputi target luas, waktu penyelesaian dan kualitas hasil olahan yang optimal dan anggaran biaya seminimal mungkin yang digunakan untuk

mencapai/mendukung hasil produksi yang berkelanjutan, (Dengan kerusakan tanah seminimal mungkin).

Interaksi antara elemen/unsur penyusun fisik tanah menentukan kondisi sifat fisik tanah dan selanjutnya menentukan sifat olahan tanah. Bila dikaji lebih jauh mengenai kondisi sifat fisik tanah yang menentukan sifat olahan tanah, yakni :

- Kelekatan Tanah. Kelekatan tanah dengan alat pengolah dapat membuat alat pengolah menjadi lamban bergerak, atau untuk bergerak diperlukan tenaga atau daya tarik lebih dari pada kondisi tanah yang tidak melekat. Tanah melekat pada alat pengolah karena daya adhesi yang sangat kuat dan ini tercapai pada kondisi status air tanah antara kapasitas lapang dan titik jenuh. Pada status air tanah antara kapasitas lapang (KL) dan 80 % KL maka pada kondisi ini tanah sangat mudah diolah karena alat tidak melekat pada alat, tanah tidak keras dan struktur hasil olah menjadi mekar. Hal ini disebabkan daya adhesi dan kohesi tanah sama kuat. Pada status kadar air tanah di bawah kapasitas lapang 80 % dan kadar air tanah semakin menurun sampai pada batas 40 % KL tanah semakin sulit diolah karena semakin keras yang disebabkan daya adhesi lebih lemah dari daya kohesi (kondisi kering). Pada kondisi tanah terlalu kering kadar air < 40 % dari kapasitas lapang, kembali tanah mudah diolah karena daya adhesi dan kohesi tanah keduanya sangat lemah. Demikian pula status air tanah lebih besar dari kondisi jenuh air (tergenang), daya adhesi dan kohesi tanah keduanya sangat lemah sehingga tanah mudah diolah, hanya saja kualitas hasil olahan adalah lumpur, alat dan kendaraan yang digunakan mudah tergelincir dan tenggelam ke dalam tanah karena daya dukung tanah sangat rendah. Kondisi tanah kering, daya dukung

tanah sangat tinggi (mekanik). Tekstur tanah sangat menentukan kelekatan tanah kaitannya dengan status air tanah. Semakin halus kelas tekstur tanah atau semakin tinggi kadar liat suatu tanah maka makin tinggi daya lekat tanah terhadap alat pengolah.

Konsistensi kelekatan tanah juga dipengaruhi oleh status kadar bahan organik tanah, makin tinggi kadar bahan organik tanah makin lemah daya lekat tanah, walaupun kehalusan kelas tekstur semakin halus. Sebaliknya semakin rendah kadar bahan organik tanah, makin rendah daya lekat tanah.

- Kepadatan Tanah. Semakin padat dan keras tanah, semakin sulit tanah itu diolah. Tanah yang padat sulit diiris dan dikupas oleh mata alat pengolah tanah, diperlukan tekanan/gaya berat yang lebih besar dari alat pengolah untuk masuk ke dalam tanah serta mata alat pengolah yang lebih tajam dan tenaga untuk menarik alat pengolah yang lebih besar. Untuk itu semakin sulit/berat tanah diolah karena kepadatan tanah yang besar dapat membuat waktu yang dibutuhkan lebih lama untuk mengolah, hasil olahan yang jelek, banyak bongkah tanah yang besar, diperlukan tenaga dan alat pengolah yang lebih berat, diperlukan mata pisau alat pengolah yang tajam, diperlukan biaya yang mahal untuk menghasilkan seedbed dan rootbed yang optimal per satuan luas areal.

  Kepadatan tanah yang keras dapat diukur dari kerapatan isi tanah atau Bulk Density (BD) tanah dan konsistensi tanah. BD tanah lebih dari 1.3 g/cm3 termasuk padat. Kerapatan isi (BD) tanah ditentukan oleh tekstur, struktur, bahan organik tanah yang menentukan ruang pori total tanah. Makin padat tanah

makin rendah/sedikit ruang pori tanah, disertai status air yang rendah sampai mencapai konsistensi yang teguh membuat tanah makin sulit untuk diatasi. Dengan demikian untuk memperbaiki sifat olahan tanah agar mudah diolah dan menghasilkan struktur hasil olahan yang optimal dapat dilakukan melalui :

Meningkatkan kadar bahan organik tanah Peningkatan bahan organik tanah dapat ditempuh dengan berbagai cara, yakni langsung melalui pemberian pupuk organik dan secara tidak langsung melalui perbaikan sistem pertanaman yang dapat mengurangi intensitas pengolahan tanah dan sedapat mungkin dilakukan pengembalian sisa tanaman ke dalam tanah.

- Mengurangi/meminimalkan pengolahan tanah (minimum tillage), seperti yang diolah terbatas hanya pada alur tempat penanaman benih/bibit, yang lainnya untuk menekan gulma disemprot dengan herbisida.
- Mengaktifkan kehidupan organisme/mikroorganisme tanah dalam kaitannya dengan penambahan bahan organik ke dalam tanah.
- Mengurangi pemakaian pupuk anorganik dan herbisida
- Tidak dilakukan pembakaran sisa tanaman.
- Bila dilakukan pengolahan tanah, diusahakan tepat waktu, yakni pada saat kadar air tanah berada pada kisaran 80 % sampai 100 % kapasitas lapang, atau pada saat tidak terjadi pelekatan tanah pada alat pengolah.
- Mengurangi penggunaan alat berat untuk pengolahan tanah.

e. Status Air Tanah

Tingkat status air tanah berkaitan erat dengan faktor fisik dan sifat fisik tanah yang menentukan kondisi status air tanah, dalam hal ini kemampuan tanah memegang dan menyimpan air serta membuang kelebihan air (kapiler dan permeabilitas/perkolasi tanah). Sifat tanah yang berkaitan dengan pembuangan kelebihan air adalah keadaan pori tanah. Tingkat status air tanah akan menentukan. Pengolahan tanah pada berbagai status air tanah akan menghasilkan olahan dengan kualitas yang berbeda, waktu penyelesaian pengolahan tanah yang berbeda serta tingkat pemadatan tanah yang berbeda. Hal ini terjadi karena status air tanah mempengaruhi sifat olahan tanah, antara lain :

- Mempengaruhi tingkat kelekatan tanah (konsistensi tanah). Seperti telah diuraikan pada kelekatan tanah sebelumnya dalam kaitannya dengan pengolahan tanah.
- Mempengaruhi daya dukung mekanik tanah. Telah diuraikan pada bagian pemadatan tanah.
- Mempengaruhi pengirisan dan pengupasan tanah.
- Menentukan laju kecepatan pengolahan tanah.
- Mempengaruhi kekuatan daya adhesi dan kohesi tanah
- Menentukan jenis kendaraan dan alat yang digunakan.
- Menentukan waktu yang tepat untuk diolah.

f. Degradasi Tanah dan Pengendaliannya

Tanah merupakan media tempat tumbuh tanaman, sehingga untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang baik serta memberikan produksi yang tinggi, maka dibutuhkan tanah-tanah yang mempunyai kesuburan fisika, kimia serta biologi tanah yang baik. Namun, untuk sekarang ini lahan di daerah tropis masih memiliki produktivitas yang

rendah karena pengolahan yang intensif dan tanpa memperhatikan kaidah konservasi tanah-tanah yang mengalami degradasi fisika, kimia, dan biologi. Sementara kebutuhan akan pangan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk.

Masalah konservasi tanah adalah masalah menjaga agar tanah tidak terdispersi, dan mengatur kekuatan gerak dan jumlah aliran permukaan agar tidak terjadi pengangkutan tanah. Berdasarkan asas ini ada 3 cara pendekatan dalam konservasi tanah, yaitu (1) menutup tanah dengan tumbuhan dan tanaman atau sisasisa tumbuhan agar terlindung dari daya perusak butir butir hujan yang jatuh (2) memperbaiki dan menjaga keadaan tanah agar resisten terhadap daya penghancuran agregat oleh tumbukan butir-butir hujan dan pengangkutan oleh aliran permukaan dan lebih besar dayanya untuk menyerap air di permukaan tanah dan (3) mengatur aliran permukaan agar mengalir dengan kecepatan yang tidak merusak dan memeperbesar jumlah air yang terinfiltrasi kedalam tanah.

Metode konservasi tanah dan air dapat digolongkan ke dalam tiga golongan, yaitu: (1) Metode vegetatif; 2) Metode mekanik; 3) Metode kimia.

1) Metode Vegetatif

Metode vegetatif merupakan penggunaan tanaman dan tumbuhan atau bagian bagian tumbuhan atau sisa sisa untuk mengurangi daya tumbuk butir hujan yang jatuh, mengurangi kecepatan dan jumlah aliran permukaan yang pada akhirnya mengurangi erosi tanah. Dalam konservasi tanah dan air metode vegeatif mempunyai fungsi melindungi tanah terhadap daya perusak dari butir-butir hujan yang jatuh dan melindungi tanah terhadap daya perusak air yang mengalir di permukaan tanah serta memperbaiaki kapasitas infiltrasi tanah dan penahanan air yang langsung mempengaruhi besarnya aliran permuakaan.

Metode vegetatif dalam konservasi tanah meliputi penanaman dalam strip, penggunaan sisa tanaman, geotekstil, strip tumbuhan penyangga, tanaman penutup tanah, pergiliran tanaman, agroforestry.

2) Metode Mekanik

Metode mekanik adalah semua perlakuan fsik mekanis yang diberikan terhadap dan pembuatan bangunan untuk mengurangi aliran permukaan dan erosi, dan meningkatkan kemampuan penggunaan tanah. Metode mekanik dalam konservasi tanah berfungsi untuk memperlambat aliran permukaan, menampung dan menyalurkan aliran permukaan dengan kekuatan yang tidak merusak, memperbaiki atau memperbesar infiltrasi air ke dalam tanah dan memperbaiki aerasi tanah dan penyediaan air bagi tanaman. Meode mekanik dalam konservasi tanah mencakup pengolahan tanah, pengolahan tanah menurut kontur, guludan dan guludan bersaluran menurut kontur, parit pengelak, teras, dam penghambat, waduk, tanggul, kolam atau balong, rorak, perbaikan drainase dan irigasi dll.

3) Metode Kimia

Merupakan penggunaan preparat kimia baik berua senyawa sintetik maupun berupa bahan alami yang sudah diolah, dalam jumlah yang relatis sedikit untuk meningkatkan stabilitas agregat tanah dan mencegah erosi. Misalnya salah satu usaha dalam penggunaan senyawa organik sintetik sebagai soil conditioner dapat memperbaiki stabilitas agregat tanah terhadap air secara efektif. Diantara beberapa macam bahan yang digunakan adalah campuran dimethyl dichlorosilane dan methyl-tricholorosilane yang dinamakan MCS. Bahan kimia ini berupa cairan yang mudah menguap dan gas yang terbentuk bercampur dengan

air tanah. Senyawa ini terbentuk menyebabkan agregat tanah menjadi stabil.

Berbagai metode mampu diterapkan dalam konservasi tanah dan air. Dengan teknik tersebut diharapkan tingkat erosi dapat diminimalkan bahkan dicegah. Tentunya dengan menjaga lingkungan menjadi kunci utama dalam pelestarian sumber daya alam khususnya tanah dan air sehingga tanah dan air dapat dimanfaatkan dengan baik oleh makhluk hidup serta siklus hidrologi yang terus berlangsung.

3. Tugas

Untuk menguasai kompetensi dasar Tanah Hutan kerjakan tugas-tugas berikut ini :

Tugas 1

Secara berkelompok lakukan pengamatan sederhana keadaan tanah di areal hutan sekolah Anda. Pilihan contoh tanaman yang tumbuh subur dan rindang, contoh tanaman yang tumbuh kurus dan tidak rindang, pilihan semak yang subur dan semak yang kurus/tidak subur.

Coba anda secara berkelompok amati tanah-tanah tempat tumbuh tanaman yang subur, setengah subur dan tanaman yang kurus Lakukan pengamatan tanah pada tanaman tersebut. Anda boleh memegang, mencium, meraba, memilin.

1. Analisa tanah tersebut dan bandingkan keadaan tanah pada tanaman yang subur dan yang tidak subur. Amati warna tanah, ukuran butir-butir tanah, kandungan air, kandungan pasir, kandungan bahan organik tanah.
2. Jelaskan mengapa tanah berbeda-beda dari tempat yang satu ke tempat lainnya.
3. Bandingkan jawaban kelompok anda dengan kelompok yang lain, buatlah simpulannya.
4. Serahkan jawab Anda kepada guru pengampu mata pelajaran Silvika sebagai portofolio pembelajaran.

Tugas 2

Perhatikan gambar berikut ini jawablah beberapa pertanyaan terkait dengan tanah

1. Mengapa warna tanah bagian permukaan lebih gelap bilamana dibandingkan dengan lapisan dibawahnya.
2. Apa yang menyebabkan warna tanah menjadi lebih gelap?
3. Apakah terhadap hubungan antara warna tanah dengan tingkat kesuburan tanah.
4. Serahkan laporan anda kepada Guru pengampu mata pelajaran silvika.

Perhatikan gambar berikut ini jawablah beberapa pertanyaan terkait dengan tanah

Gambar tersebut adalah lahan merapi setelah letusan, dimana sebagian besar lahan tertutup oleh pasir.

1. Jelaskan bagimana pengaruh pasir terhadap tekstur dan struktur tanah.
2. Jelaskan pengaruh pasir terhadap tingkat kesuburan tanah.
3. Serahkan laporan anda kepada Guru pengampu mata pelajaran silvika.

Tugas 3. Mengeksplorasi Tanah Hutan

Mengeksplorasi Tanah Hutan

1. Secara berkelompok lakukan penelitian tanah meliputi aspek sifat fisik, kimia dan biologi tanah.
2. Sebelum melakukan studi susunlah proposal penelitian yang memuat :

    f. Bab I.. Pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah dan manfaat penelitian.

    g. Bab II. Tinjauan Pustaka yang menjelaskan tentang kajian teori atau pustaka.

    h. Bab III. Metode Peneltian yang menjelaskan metode penelitian yang dipergunakan, instrumen yang digunakan dan cara pengolahannya.

3. Data pengukuran sifat fifika, kimia dan biologi tanah dilakukan pada kawasan hutan
4. Dalam melakukan pengumpulan data, pergunakan bahasa yang santun dan mudah dipahami oleh masyarakat.
5. Serahkan laporan anda kepada Guru pengampu mata pelajaran silvika.

Tugas 4. Menganalisis Data hasil Penelitian

1. Berdasarkan data yang telah anda kumpulkan selama melakukan penelitian lakukan , kelompok data sesuai dengan aspek yang diteliti.

2. Lakukan pengolahan data sesuai dengan metode yang ditetapkan dan analisis dengan menggunakan metode yang telah ditetapkan sebelumnya.
3. Lakukan pembahasan pada setiap temuan pada aspek-aspek yang diteliti, analisis mengapa diperoleh data seperti hal itu dan simpulkan dengan menggunakan teori yang telah anda tuliskan pada Bab II. Tinjauan Pustaka.
4. Berdasarkan temuan dan hasil pembahasannya susunlah kesimpulan dan saran tentang fungsi dan manfaat hutan.
5. Susunlah laporan penelitian anda yang memuat :

    i. Bab I.. Pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah dan manfaat penelitian.

    j. Bab II. Tinjauan Pustaka yang menjelaskan tentang kajian teori atau pustaka.

    k. Bab III. Metode Peneltian yang menjelaskan metode penelitian yang dipergunakan, instrumen yang digunakan dan cara pengolahannya.

    l. Bab IV. Pembahasan

    m. Bab V. Kesimpulan dan Saran

6. Serahkan laporan anda kepada Guru pengampu mata pelajaran silvika.

Tugas 5. Menyajikan Hasil Penelitian Fungsi dan Manfaat Hutan

Menyajikan Hasil Penelitian Tanah Hutan.

1. Berdasarkan laporan hasil penelitian susunlah bahan tayang dalam bentuk powerpoint untuk menjelaskan hasil penelitian anda.
2. Laporan hasil penelitian anda dalam kelas, berikan kesempatan kepada kelompok lain untuk bertanya, menyanggah hasil penelitian anda.
3. Selama presentasi hasil penelitian gunakan bahasa yang santun

4. Refleksi Tanah Hutan

Setelah Anda melakukan kegiatan pembelajaran tentang Tanah Hutan, refleksikan penguasaan kompetensi Anda pada lembaran ini.

1. Apa yang Saudara pelajari dalam kegiatan pembelajaran ini?

   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……..

2. Apa hambatan yang Anda hadapi dalam melaksanakan seluruh kegiatan pada kegiatan pembelajaran ini?

   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……..

3. Bagaimana Anda mengatasi masalah tersebut?

   ……
   ……
   ……
   ……

……

……

……

……..

4. Apakah setelah melakukan kegiatan pada kegiatan pembelajaran ini Anda merasa terbantu dalam mengerjakan tugas Anda dalam memahami tanah hutan serta hubungannya dengan pengelolaan? Jelaskan mengapa!

……

……

……

……

……

……

……

……..

5. Dengan penguasaan kompetensi tanah hutan, hal-hal apakah yang dapat Anda gunakan dalam praktik pengelolaan hutan?

……

……

……

……

……

……

……

……..

5. **Test Formatif.**

Jawablah beberapa pertanyaan dan pernyataan di bawah ini dengan singkat, padat dan jelas.

1. Sebagai seorang yang bergerak di bidang pertanian dan kehutanan, apa yang dimaksudkan dengan tanah dan bagaimana batasannya?
2. Mengapa tanah disebut juga dengan sistem tiga fase, jelaskan.
3. Mengapa tanah dari tempat ke tempat yang lain berbeda atau tidak sama?
4. Apakah fungsi bahan organik tanah?
5. Apakah manfaat air bago pertumbuhan tanaman?
6. Jelaskan fungsi dan manfaat tanah dalam pertumbuhan tanaman!
7. Jelaskan proses pembentukan tanah!
8. Jelaksan proses pelapukan fisika, kimia dan biologi yang terjadi dalam tanah!
9. Jelaskan hubungan sifat fisika tanah dengan pertumbuhan pohon!
10. Mengapa warna tanah lapisan permukaan cenderung lebih gelap dibandingkan dengan lapisan bawah, jelaskan penyebabnya!
11. Jelaskan hubungan sifat kimia tanah dengan pertumbuhan pohon .
12. Apakah fungsi unsur hara bagi pertumbuhan tanaman, jelaskan pengaruh unsur hara terhadap pertumbuhan tanaman jika ketersediaan unsur hara dalam tanah tidak cukup atau berlebih
13. Jelaskan fungsi dan manfaat hutan dalam menjaga kesuburan tanah dan berikan contohnya.
14. Jelaskan faktor tanah yang menetukan produktivitas tanaman hutan.
15. Bagaimana pengaruh penggunaan alat-alat berat yang dipergunakan dalam pengelolaan hutan terhadap kualitas dan produktivitas tanah.

C. Penilaian

Penialain terdiri dari tiga aspek yaitu sikap, pengetahuan dan ketrampilan,

1. Penilaian Sikap

Penilaian Sikap				
No.	Pernyataan	Tidak Pernah	Kadang Kadang	Selalu
1	Saya selalau mengikuti kegiatan belajar tepat waktu			
2	Saya selalau menyajikan data kegiatan pembelajaran secara jujur.			
3	Saya selalu mengerjakan tugas secara mandiri dan kelompok berdasarkan pemikiran diri sendiri/otentik (tidak menjiplk, menyontek orang lain)			
4	Saya mengerjakan tugas secara tetapt waktu			
5	Saya selalu melibatkan kawan-kawan anggota kelompok dalam menyelesiakan tugas kelompok			
6	Saya bersikap toleran dan tidak memaksakan pendapat pribadi kepada orang lain			
7	Saya menggunakan bahasa verbal dan tulis secara santun			
8	Saya selalu bersikap ramah terhadap sesama siswa dan kepada guru dan pegawai			

2. Penilaian Pengetahuan

Jawablah tugas di bawah ini secara ringkas dan jelas.

1. Jelaskan fungsi dan manfaat tanah dalam pertumbuhan tanaman (bobot 10).
2. Jelaskan proses pembentuka tanah . (bobot 20)
3. Jelaskan hubungan sifat fisika tanah dengan pertumbuhan pohon (bobot 20)
4. Jelaskan hubungan sifat kimia tanah dengan pertumbuhan pohon (bobot 20)
5. Jelaskan fungsi dan manfaat hutan dalam menjaga kesuburan tanah dan berikan contohnya (bobot 20)
6. Jelaskan faktor tanah yang menetukan produktivitas tanaman hutan (bobot 20)

3. Penilian Keterampilan

Penilaian keterampilan dilakukan dengan melihat portofolio hasil pelaksanaan yang telah anda lakukan.

Penilaian Ketrampilan				
No.	Pernyataan	Tidak Lengkap/ benar	Lengkap/ benar	Sangat Lengkap / benar
1.	Laporan hasil pelaksanaan tugas susunannya lengkap			
2.	Menggunakan tata tulis yang baik dan benar serta santun			
3.	Data dalam laporan hasil otentik			
4.	Pengolahan hasil pengamatan menggunakan metode yang sesuai			
5.	Pembahasan rasional, ilmiah			
6.	Pembahasan, simpulan dan saran sesuai hasil temuan pengamatan			

III. PENUTUP

Puji syukur kepada Tuhan yang maha esa, penulisan buku teks bahan ajar Silvika 1 telah selesai.

Disadari bahwa buku teks bahan ajar ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh sebab itu perbaikan secara berkelanjutan sangat diperlukan untuk memperbaiki buku teks bahan ajar ini sehingga memberikan makna dan manfaat yang besar bagi peningkatan kompetensi peserta didik SMK, dan bermanfaatan dalam memberikan landasan pengetahuan dan ketrampilan yang baik dan benar bagi pengelolaan hutan

DAFTAR PUSTAKA

Ariffin. 2001. Dasar-dasar Klimatologi. Fakultas Pertanian Unibraw. MaLang.

Barry, R.G. and R.J. Charley. 1978. Atmosphere, weather and climate (thirded). Methuend, London.

Campbell.I.M. 1977. Energy and atmosphere, Aphyscial chemical approach, John Willey and Son Ltd. London.

Chang, J.H 1968. Climate and agriculture, Aldine, Chicago.

Djainuddin, Sulaiman, Abdurrahman. 2002. Pendekatan Pewilayahan.

Doorenboss J and W.O. Pritt. 1977. Crop water requirement, FAO irrigation and drainage paper No.24. Rome.

Elston J. and J.L. Monteith.1975. Micrometeorology and ecology in vegeation ad the atmospherel (ed. J.L Monteith).Acad. Press. London.

Foth, H.D. 1990. Fundamentals of Soil Science. 8Ed. John Wiley & Sons. New York.

Griffith J.F.1976. Climate and environtment. The atmosphere impact on man. Paul Elelek. London.

Hakim, Nurhajati dkk. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. UNILA: Lampung

Handoko, I. 1994. Dasar Penyusunan dan Aplikasi Model Simulasi Komputer untuk Pertanian. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. F.MIPA IPB. Bogor.

Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta.

Komoditas Pertanian Menurut Pedo Agroklimat di Kawasan Timur Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian 21 (1).

Leopold. A.C and P.E. Kriedeman. 1975. Plant growth and development 2"d ed., Mc Grow Diel. New York. USA.

Riquier, J. 1977. Philosophy of the world Assessment of Soil Degradation and Items for Discussion. FAO Soils Bull, Rome.

Rosenberg N.J. 1974. Microclimate, the Biological environtment, AwilleyInter science Publ. John Willey and Son. New York.

Ross, J. 1975. Radiative transfer in plant communities in vegetation and atmosphere I (ed J.L Monteith) Acad. Press. London.

Rutter A.J.1981. Cocluding remarks in Groce J.O., ED Ford and P.G Jarvis. Plants and the atmosheric environtment, the 21 th Symposium of British Ecologycal Soc., Blackwell Sc. Publ. Oxford.

Salter P.J and J.E Geode.1967. Cr response to water at different sages of growth. Com. Agr. Bureaw.

Seemann J.. 1979. Water requirement of plants in Agrometeorology (J.Seemann,

Singer, M.J. and D.N. Munns. 1991. Soils An Introduction. 2nd. Macmilan Publishing Company. New York.

Sitanala, Arsyad. 2010. Konservasi Tanah Dan Air. IPB press: Bogor.

Soil Survey Staff. 1992. Kunci Taksonomi Tanah. USDA.

Sulistiono, R. 2005. Model Simulasi Perkembangan Penyakit Tanaman Berbasis Agroklimatologi untuk Perediksi Penyakit Hawar daun Kentang (Phytopthora imfestan) (Disertasi). Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.

Sutelife J.1977. Plants and temperature, Studies in Biology No.8u. Edward Arold. London.

Tisdale, S. L, Nelson, W. L. and Beaton, J. D. 1990. Soil Fertility and Fertilizers. 4th ed. Macmillan Publishing Company. New York.

Tjasyono, Bayong. 2004. Klimatologi. ITB Press. Bandung.

Trewartha.G.T.1954. An Introduction to Climate. McGraw-Hill Book C., New York. USA.

Trimph. S.W.1980. Biometeoroiogy, the impact of the weather and climate on human an theirenvironment (animal and plants). Heyden int., London.

Y. I. Chirkov. J. Lomas and B. Primault ed). Springer Verlag. Berlin.